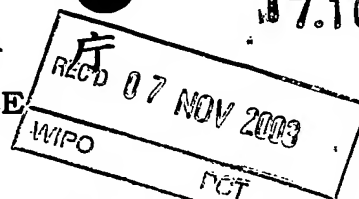


Rec'd PCT/PTB 10/532113
PCT/JP 03/13328
17.10.03 #2

日 本 国 特 許
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年10月22日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-306880

[ST.10/C]:

[JP 2002-306880]

出 願 人
Applicant(s):

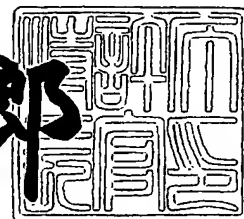
本田技研工業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月22日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3028745

【書類名】 特許願

【整理番号】 H102269501

【提出日】 平成14年10月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B25J 17/00

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 菅原 善太

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 松田 広志

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081972

【住所又は居所】 東京都豊島区東池袋1丁目20番2号 池袋ホワイトハウスビル816号

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 豊

【電話番号】 03-5956-7220

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049836

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0016256

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ロボットの関節構造

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の主リンクと第 2 の主リンクを第 1 の可動リンクと第 2 の可動リンクを介して連結すると共に、前記第 1 の主リンクに配置されたアクチュエータで前記第 1 の可動リンクを駆動して前記第 1 の主リンクと第 2 の主リンクを相対変位させるロボットの関節構造において、前記第 1 の主リンクに回転軸 A と回転軸 B を設けると共に、前記第 2 の主リンクに回転軸 C と回転軸 D を設け、前記回転軸 A, B, C, D を頂点とする四角形において対角する回転軸をそれぞれ回転軸 A と回転軸 C、回転軸 B と回転軸 D としたとき、前記回転軸 A と回転軸 C を前記第 1 の可動リンクを介して接続する一方、前記回転軸 B と回転軸 D を前記第 2 の可動リンクで接続して前記第 1 の可動リンクと第 2 の可動リンクを交差させて配置すると共に、前記回転軸 A を前記アクチュエータで駆動し、よって前記第 1 の可動リンクを駆動して前記第 1 の主リンクと第 2 の主リンクを相対変位させることを特徴とするロボットの関節構造。

【請求項 2】 前記回転軸 A と回転軸 B を、前記第 1 の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けたことを特徴とする請求項 1 項記載のロボットの関節構造。

【請求項 3】 前記回転軸 C と回転軸 D を、前記第 2 の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けたことを特徴とする請求項 1 項または 2 項記載のロボットの関節構造。

【請求項 4】 前記第 1 の可動リンクおよび第 2 の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させたことを特徴とする請求項 1 項から 3 項のいずれかに記載のロボットの関節構造。

【請求項 5】 前記第 1 の可動リンクおよび第 2 の可動リンクの少なくともいずれかに、前記関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けたことを特徴とする請求項 1 項から 4 項のいずれかに記載のロボットの関節構造。

【請求項 6】 前記関節に、前記第 1 の主リンク、第 1 の可動リンク、第 2

の可動リンク、第2の主リンクおよびアクチュエータの外側を覆うカバーを設けると共に、前記カバーは、前記第1の主リンクとアクチュエータを覆う第1のカバーと、前記第2の主リンクを覆う第2のカバーと、前記第1のカバーと第2のカバーの間にスライド自在に介挿され、前記第1の可動リンクと第2の可動リンクを覆うと共に、前記関節の回転に伴って生じる前記第1のカバーと第2のカバーの間隙を被覆する第3のカバーから構成されることを特徴とする請求項1項から5項のいずれかに記載のロボットの関節構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明はロボットの関節構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

産業用ロボットの関節構造として、従来より、4節あるいはそれ以上の節からなる平行リンク機構を介してアーム同士を連結する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

また、リンク同士を1軸で連結したロボットの関節構造も知られている。一般にロボットは、リンクの外側をカバーで覆い、内部構造を露出させないことが防塵性あるいは安全性などの観点から好ましい。このため、例えば脚式移動ロボットにおいて、リンク同士（例えば上腿リンクと下腿リンク）を1軸で連結する（即ち、上腿リンクと下腿リンクを他のリンク機構を介することなく直接連結する）と共に、一方のリンクを覆うカバーの端部を前記1軸を中心とした球面状とし、他方のリンクを覆うカバーの端部を前記球面状に対応した凹状とすることで、関節を回転させてもカバーとカバーの間に間隙が生じないようにしたロボットの関節構造が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-296680号公報（段落0002, 0008, 0012

図 2, 3, 5 および 6)

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 2 1 0 6 8 2 号公報 (図 4)

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】

工場などで種々の作業に使用される据え置き型の産業用ロボットにおいて、作業ハンドの可動範囲を大きくして到達可能空間を増大させると共に、駆動速度の限界値を上げるには、基体から作業ハンドまでの関節の数やアーム（リンク）の長さ、アクチュエータの駆動力などを適宜設定することにより、対処することが可能である。他方、脚式移動ロボット、特に人間の形状を模したヒューマノイド型のロボットなどにあっては、外観上や機能上の観点から、産業用ロボットに比して関節の数やリンクの長さの設計に制約が生じる。また、自律型のロボットにあっては、消費電力や取り付けスペースなどの関係で、使用できるアクチュエータにも制限がある。従って、自律型の脚式移動ロボットなどにおいては、例えば腕部や脚部の可動範囲を増大させ、かつ駆動速度の限界値を上げるためには、それらを構成する個々の関節の可動範囲（回転角度）を増大させると共に、個々の関節の回転速度の限界値を上げる必要がある。

【0 0 0 6】

脚式移動ロボットにおいて、一般的な上記 1 軸の関節を備える場合、リンクやそれを覆うカバーの物理的な干渉を避けるために、図 2 3 に示す如く、回転軸 1 0 0 をリンク 1 0 2, 1 0 4 の中心から外方にオフセットさせることがある。回転軸を外方にオフセットすることで、オフセットした側におけるリンクやカバーの干渉が生じ難くなり、可動範囲を大きくすることができる。

【0 0 0 7】

ところで、多関節型のロボットにおいては、図 2 4 に示すように、複数個の回転軸（関節）1 1 0, 1 1 2, 1 1 4 が同一直線上に位置するような姿勢は特異点姿勢となる。ロボットは特異点姿勢をとるとき制御が発散するので、特異点が発生しないように、関節の回転角度を制約する必要がある。例えば、ヒューマノイド型のロボットの腕部の肘関節にあっては、肘関節（回転軸 1 1 2 に相当）を

僅かに曲げた状態から最大屈曲角までが可動範囲となる。

【0008】

ここで、図23に示したように、リンクやカバーの物理的な干渉を避けるために回転軸100を外方にオフセットすると、リンク102、104を伸張しきった状態（関節を機構上可能な位置まで伸張方向に駆動した状態）から回転軸100、106、108が同一直線上に位置する、即ち、特異点姿勢をとるまでには、図25に示す如く、回転角 θ_0s が必要とされる。従って、制御上利用できる回転軸100の可動範囲（回転角度）は、機構上決定される可動範囲から θ_0s を除いた範囲となる。この回転角 θ_0s は回転軸100のオフセット量が大きくなるにつれて増加するため、従来技術にあっては、屈曲方向の可動範囲を大きくするために回転軸をオフセットすると、伸張方向の可動範囲が大きく制約されて減少するという不具合があった。

【0009】

従ってこの発明の目的は、上記した課題を解決し、リンクやそれを覆うカバーの物理的な干渉を生じることなく関節の屈曲方向の可動範囲（回転角度）を増大すると共に、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制し、さらには回転速度（駆動速度）の限界値を上げるようにしたロボットの関節構造を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために、請求項1項においては、第1の主リンクと第2の主リンクを第1の可動リンクと第2の可動リンクを介して連結すると共に、前記第1の主リンクに配置されたアクチュエータで前記第1の可動リンクを駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるロボットの関節構造において、前記第1の主リンクに回転軸Aと回転軸Bを設けると共に、前記第2の主リンクに回転軸Cと回転軸Dを設け、前記回転軸A、B、C、Dを頂点とする四角形において対角する回転軸をそれぞれ回転軸Aと回転軸C、回転軸Bと回転軸Dとしたとき、前記回転軸Aと回転軸Cを前記第1の可動リンクを介して接続する一方、前記回転軸Bと回転軸Dを前記第2の可動リンクで接続して前記第

1の可動リンクと第2の可動リンクを交差させて配置すると共に、前記回転軸Aを前記アクチュエータで駆動し、よって前記第1の可動リンクを駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるように構成した。

【0011】

第1の主リンク（例えば上腕リンク）と第2の主リンク（例えば下腕リンク）を第1の可動リンクと第2の可動リンクの2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンクを交差して配置するようにしたので、入力に対する関節（例えば肘関節）全体の駆動角度を大きくすることができ、関節の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

【0012】

また、2本の可動リンクの外方への突出量が小さくなるため、可動リンクとそれらを覆うカバーの物理的な干渉が生じ難くなると共に、関節が2個の回転軸を支点として2段階にわたって屈曲されることとなって、第1の主リンクを覆うカバーと第2の主リンクを覆うカバーが干渉し難くなり、よって関節の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができる。さらに、関節の回転軸を関節外方にオフセットする必要がないので、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0013】

また、請求項2項にあっては、前記回転軸Aと回転軸Bを、前記第1の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0014】

回転軸Aと回転軸Bを、第1の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、関節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

【0015】

また、請求項3項にあっては、前記回転軸Cと回転軸Dを、前記第2の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0016】

回転軸Cと回転軸Dを、第2の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、関節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

【0017】

また、請求項4項にあっては、前記第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させるように構成した。

【0018】

第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させるように構成したので、第1の可動リンクと第2の可動リンクが他方の回転軸と干渉することがなく、よって関節の可動範囲をより一層増大することができる。

【0019】

また、請求項5項にあっては、前記第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかに、前記関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けるように構成した。

【0020】

第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかに、関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けるように構成したので、特異点に起因する制御の発散や関節の過度な屈曲によってカバーが損傷するのを防止することができる。

【0021】

また、請求項6項にあっては、前記関節に、前記第1の主リンク、第1の可動リンク、第2の可動リンク、第2の主リンクおよびアクチュエータの外側を覆うカバーを設けると共に、前記カバーは、前記第1の主リンクとアクチュエータを覆う第1のカバーと、前記第2の主リンクを覆う第2のカバーと、前記第1のカバーと第2のカバーの間にスライド自在に介挿され、前記第1の可動リンクと第2の可動リンクを覆うと共に、前記関節の回転に伴って生じる前記第1のカバーと第2のカバーの間隙を被覆する第3のカバーから構成されるように構成した。

【 0 0 2 2 】

関節を覆うカバーを、第 1 のカバーと、第 2 のカバーと、前記第 1 のカバーと第 2 のカバーの間にスライド自在に介挿されると共に、関節の回転に伴って生じる前記第 1 のカバーと第 2 のカバーの間隙を被覆する第 3 のカバーから構成されるように構成したので、関節の内部構造が露出することがなく、よって前述の効果に加え、関節の防塵性および安全性を向上させることができると共に、美観を向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照してこの発明の一つの実施の形態に係るロボットの関節構造について、脚式移動ロボット、より具体的にはヒューマノイド型のロボット（人体形状を模した脚式移動ロボット）を例にとって説明する。

【 0 0 2 4 】

図 1 はその実施の形態に係るロボットの正面図であり、図 2 はその右側面図である。

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、ロボット 1 は、2 本の脚部リンク 2 を備えると共に、その上方には上体（基体）3 が設けられる。上体 3 のさらに上方には頭部 4 が形成されると共に、上体 3 の両側には 2 本の腕部リンク 5 が連結される。また、図 2 に示すように、上体 3 の背部には格納部 6 が設けられ、その内部には電子制御ユニットやバッテリー電源などが収容される。尚、図 1 および図 2 に示すロボット 1 は、内部構造を保護するためのカバーで被覆される。

【 0 0 2 6 】

図 3 はロボット 1 をスケルトンで示す説明図である。同図を参照して関節の個数と位置を説明すると、図示の如く、ロボット 1 は、左右それぞれの脚部リンク 2 に 6 個の関節を備えると共に、腕部リンク 5 に 5 個の関節を備える。

【 0 0 2 7 】

脚部リンク 2 において、6 個の関節は重力方向において上方から順に、股（腰部）の脚部回転用（Z 軸まわり）の関節 10 R, 10 L（右側を R、左側を L と

する。以下同じ)、股(腰部)のピッチ方向(Y軸まわり)の関節12R, 12L、同ロール方向(X軸まわり)の関節14R, 14L、膝部のピッチ方向の関節16R, 16L、足首のピッチ方向の関節18R, 18L、および同ロール方向の関節20R, 20Lから構成される。即ち、股関節(あるいは腰関節)は関節10R(L), 12R(L), 14R(L)から、膝関節は関節16R(L)から、足首関節は関節18R(L), 20R(L)から構成される。

【0028】

足首関節18R(L), 20R(L)の下部には足平22R, Lが取り付けられると共に、股関節10R(L), 12R(L), 14R(L)と膝関節16R(L)とは大腿リンク24R, Lで連結され、膝関節16R(L)と足首関節18R(L), 20R(L)とは下腿リンク26R, Lで連結される。

【0029】

一方、腕部リンク5において、5個の関節は重力上方において上方から順に、肩部のピッチ方向の関節30R, 30L、同ロール方向の関節32R, 32L、腕部回転用の関節34R, 34L、肘部のピッチ方向の関節36R, 36L、手首回転用の関節38R, 38Lから構成される。即ち、肩関節は関節30R(L), 32R(L), 34R(L)から、肘関節は関節36R(L)から、手首関節は関節38R(L)から構成される。

【0030】

手首関節38R(L)の先にはハンド(エンドエフェクタ)40R, 40Lが取り付けられると共に、肩関節30R(L), 32R(L), 34R(L)と肘関節36R(L)とは上腕リンク42R, Lで連結され、肘関節36R(L)と手首関節38R(L)とは下腕リンク44R, Lで連結される。

【0031】

頭部4は、鉛直軸まわりの首関節46と、それと直交する軸まわりに頭部4を回転させる頭部揺動機構48を介して上体3に連結される。また、頭部4の内部には撮像した画像信号を出力する、CCDカメラからなる視覚センサ50が配置されると共に、レシーバおよびマイクロフォンからなる音声入出力装置52が配置される。

【0032】

また、同図に示す如く、足首関節18, 20R(L)と足平22R(L)の接地端の間には、公知の6軸力センサ(床反力検出器)56R(L)が取り付けられ、力の3方向成分 F_x , F_y , F_z とモーメントの3方向成分 M_x , M_y , M_z を示す信号を出力する。

【0033】

また、手首関節38R(L)とハンド40R(L)の間にも同種の6軸力センサ58R(L)が取り付けられ、ロボット1に作用する床反力以外の外力、具体的にはハンド40R(L)に対象物から作用する外力(対象物反力)の3方向成分 F_x , F_y , F_z とモーメントの3方向成分 M_x , M_y , M_z を示す信号を出力する。

【0034】

さらに、上体リンク60には傾斜センサ62が設置され、Z軸(鉛直方向(重力方向))に対する傾きとその角速度を示す信号を出力する。また、各関節を駆動する電動モータ(アクチュエータ。図示せず)には、その回転量を示す信号を出力するロータリーエンコーダ(図示せず)が設けられる。

【0035】

これら6軸力センサ56R(L), 58R(L)および傾斜センサ62などの出力は、格納部6の内部に設けられた制御ユニット64に入力される。制御ユニット64はマイクロコンピュータからなり、メモリ(図示せず)に格納されているデータおよび入力された検出値に基づき、各関節を駆動する電動モータ(同図で図示せず)の制御値を算出する。

【0036】

このように、ロボット1は左右の脚部リンク2R(L)のそれぞれについて6つの自由度を与えられ、これら $6 \times 2 = 12$ 個の関節を駆動する電動モータを制御ユニット64で算出された制御値に基づいて動作させることにより、足全体に所望の動きを与えることができ、ロボット1を任意に3次元空間を移動させることができる。また、左右の腕部リンク5R(L)のそれぞれについても5つの自由度(ハンド40R(L)を除く)を与えられ、これら $5 \times 2 = 10$ 個の関節を

駆動する電動モータを制御ユニット64で算出された制御値に基づいて動作させることにより、腕全体に所望の動きを与えることができ、任意の動作（作業）を行なわせることができる。

【0037】

続いて、図4以降を参照してロボット1の関節構造について詳説する。尚、以下、肘関節36R(L)を例に挙げて説明するが、肘関節36R(L)の構造は左右対称のため、以下の説明において符合R, Lは省略する。

【0038】

図4は、肘関節36付近の斜視図である。尚、同図は、内部構造を保護するためのカバーを取り外した状態で示す。

【0039】

図示の如く、上腕リンク42は、第1のプレート（以下、「上腕第1プレート」と呼ぶ）42aと第2のプレート（以下、「上腕第2プレート」と呼ぶ）42bから構成される。上腕第1プレート42aと上腕第2プレート42bは、図示しないボルトで固定される。また、下腕リンク44は、同様に第1のプレート（以下、「下腕第1プレート」と呼ぶ）44aと第2のプレート（以下、「下腕第2プレート」と呼ぶ）44bから構成され、それらも図示しないボルトで固定される。

【0040】

図5は、図4に示す肘関節36を、上腕第1プレート42aと下腕第1プレート44aを取り外して示す斜視図である。

【0041】

同図に示すように、上腕リンク42には、回転軸Aと回転軸Bが設けられる。回転軸Aは、上腕第1プレート42aおよび上腕第2プレート42bに設けられた突出部と、その外周に配置されたベアリング（共に図示せず）とからなる。また、回転軸Bは、上腕第1プレート42aに設けられた突出部と、その外周に配置されたベアリングとからなる。回転軸Aと回転軸Bの回転中心（線）をそれぞれAc, bcで示す。

【0042】

また、下腕リンク 4 4 には、回転軸 C と回転軸 D が設けられる。回転軸 C は、下腕第 1 プレート 4 4 a および下腕第 2 プレート 4 4 b に設けられた突出部と、その外周に配置されたベアリングとからなる。回転軸 D も同様である。回転軸 C と回転軸 D の回転中心（線）をそれぞれ C c, D c で示す。

【 0 0 4 3 】

肘関節 3 6 は、第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2 を備える。第 1 の可動リンク 7 0 の一端は回転軸 A に固定されると共に、他端は回転軸 C に回動自在に接続される。一方、第 2 の可動リンク 7 2 の一端は回転軸 B に回動自在に接続されると共に、他端は回転軸 D に回動自在に接続される。即ち、上腕リンク 4 2 と下腕リンク 4 4 は、第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2 を介して相対変位自在に接続される。

【 0 0 4 4 】

また、上腕リンク 4 2 において、回転軸 A および回転軸 B より上方（肩部方向）には、電動モータ（アクチュエータ）7 6 が配置される。電動モータ 7 6 の出力は、図示しない減速機を介して回転軸 A に伝達され、回転軸 A に固定された第 1 の可動リンク 7 0 を駆動する。これにより、上腕リンク 4 2 と下腕リンク 4 4 は相対変位させられる。

【 0 0 4 5 】

図 6 は、図 5 に示す肘関節 3 6 を拡大して示す平面図である。尚、同図において符号 7 8 は、回転軸 B を上腕第 1 プレート 4 2 a で支持するための部材を示し、符号 8 0 は、回転軸 D を下腕第 1 プレート 4 4 a で支持するための部材を示す。これらの部材 7 8, 8 0 は、図 4 および図 5 において図示を省略した。

【 0 0 4 6 】

図 6 に示すように、回転軸 A, B, C, D の回転中心 A c, B c, C c, D c を頂点とする四角形において、対角する回転軸はそれぞれ、回転軸 A と回転軸 C、回転軸 B と回転軸 D となる。即ち、回転軸 A と回転軸 C を第 1 の可動リンク 7 0 で接続すると共に、回転軸 B と回転軸 D を第 2 の可動リンク 7 2 で接続することにより、これら第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2 を交差して配置するようにした。また、第 2 の可動リンク 7 2 は、回転軸 A に干渉しないように

、回転軸 A を回避する湾曲状、より具体的には、S 字状に形成される。

【0047】

図 7 は、図 6 に示す肘関節 36 をカバーも含めて示す平面図である。

【0048】

同図に示すように、肘関節 36 には、各リンクの外側を覆うカバー（ケーシング）が設けられる。カバーは、上腕リンク 42 と電動モータ 76 を覆う第 1 のカバー 84 と、下腕リンク 44 を覆う第 2 のカバー 86 と、前記第 1 のカバー 84 と第 2 のカバー 86 の間にスライド自在に介挿されて第 1 の可動リンク 70 と第 2 の可動リンク 72 を覆う第 3 のカバー 88 とからなる。

【0049】

図 8 および図 9 は、図 7 に示す肘関節 36 を駆動した状態を示す平面図である。

【0050】

図 8 および図 9 に示すように、回転軸 A を回転させて第 1 の可動リンク 70 を屈曲方向に駆動すると、回転軸 B と回転軸 C を結ぶ直線の距離は短くなる。このとき、回転軸 B と回転軸 D を結ぶ直線の距離ならびに回転軸 C と回転軸 D の相対位置関係は不変であることから、下腿リンク 44 は、回転軸 C を支点として、さらに屈曲方向に駆動される。

【0051】

図 10 は、肘関節 36 が伸張しきった状態の腕部リンク 5 を模式的に示す説明図である。ここで、肘関節が伸張しきった状態とは、機構上決定される伸張方向の可動限界まで肘関節 36 を駆動した状態を意味する（肩関節と手首関節を結ぶ直線が最長となった状態とは必ずしも一致しない）。

【0052】

同図において、EL1 は、肘関節 36 のうち回転軸 A を意味し、EL2 は、肘関節 36 のうち回転軸 C を意味する。また、角度 α は、図 6 に示すように、肘関節 36 が伸張しきった状態における上腕リンク 42 の長手方向（42z で示す）と第 1 の可動リンク 70 の長手方向（70z で示す）のなす角度であり、角度 β は、第 1 の可動リンク 70 の長手方向と下腕リンク 44 の長手方向（44z で示す）のなす角度である。

す)のなす角度である。

【0053】

図10に示す腕部リンク5において、電動モータによってEL1、即ち、回転軸Aを $\theta 1$ だけ駆動すると、図11に示す如く、上腕リンク42の長手方向と第1の可動リンク70の長手方向のなす角度は、 $\alpha + \theta 1$ となる。さらに、EL2、即ち、回転軸Cを支点として下腕リンク44が駆動されることにより、第1の可動リンク70の長手方向と下腕リンク44の長手方向のなす角度は、 $\theta 2 - \beta$ となる。よって、肘関節36全体としての駆動角度は、 $\theta 1 + \theta 2$ となる。ここで、 $\theta 2$ は、以下の数1に示す式で表すことができる。

【0054】

【数1】

$$\theta 2 = \theta CD + \alpha - 2 \tan^{-1} \frac{b' - c \sin(\theta 1 + \alpha - \theta AB) - \sqrt{dc' - \{a - b' \sin(\theta 1 + \alpha - \theta AB) - c'\}^2}}{a - b \sin(\theta 1 + \alpha - \theta AB) - c \cos(\theta 1 + \alpha - \theta AB)}$$

[度]

【0055】

上式において、 θAB は、図6に示す如く、上腕リンク42の長手方向(42z)と直交する方向(42xで示す)と、回転軸Aと回転軸Bの回転中心AcとBcを結ぶ線のなす角度であり、この実施の形態にあっては30度(回転軸Aより回転軸Bを重力方向上方(肩部側)に配置した場合を正の角度とし、逆の場合を負の角度とする)である。また、 θCD は、下腕リンク44の長手方向(44zで示す)と直交する方向(44xで示す)と、回転軸Cと回転軸Dの回転中心Cc、Dcを結ぶ線のなす角度であり、この実施の形態にあっては45度(回転軸Cより回転軸Dを重力方向上方(肩部側)に配置した場合を正の角度とし、逆の場合を負の角度とする)である。

【0056】

また、値 a 、 b 、 b' 、 c 、 c' および d は、回転軸Aと回転軸Cの軸間距離(具体的には、回転中心AcとCcの直線距離。即ち、第1の可動リンク70の軸間距離)を r_{AC} 、回転軸Bと回転軸Dの軸間距離(具体的には、回転中心BcとDcの直線距離。即ち、第2の可動リンク72の軸間距離)を r_{BD} 、回転

軸 A と回転軸 B の軸間距離を r_{AB} 、回転軸 C と回転軸 D の軸間距離を r_{CD} としたとき、以下の数 2 に示す各式で表すことができる。

【0057】

【数 2】

$$a = r_{AC}^2 + r_{AB}^2 + r_{CD}^2 - r_{BD}^2$$

$$b = 2r_{AC} \times r_{AB}$$

$$b' = 2r_{AC} \times r_{CD}$$

$$c = 2r_{AB} \times r_{CD}$$

$$c' = 2r_{CD}^2$$

$$d = 2r_{BD}^2$$

【0058】

また、回転軸 A と回転軸 B の軸間距離 r_{AB} と、回転軸 C と回転軸 D の軸間距離 r_{CD} が等しいときは、値 b と b' が等しくなると共に、値 c と c' が等しくなるので、上記 θ_2 を以下の数 3 で示す式で表すことができる。

【0059】

【数 3】

$$\theta_2 = \theta_{CD} + \alpha - 2 \tan^{-1} \frac{b - c \sin(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB}) - \sqrt{dc - \{a - b \sin(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB}) - c\}^2}}{a - b \sin(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB}) - c \cos(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB})}$$

[度]

【0060】

ここで、数 3 で示す式中の値 a 、 b 、 c および d は、以下の数 4 で示す各式で表される。

【0061】

【数 4】

$$a = r_{AC}^2 + 2r_{AB}^2 - r_{BD}^2 = r_{AC}^2 + 2r_{CD}^2 - r_{BD}^2$$

$$b = 2r_{AC} \times r_{AB} = 2r_{AC} \times r_{CD}$$

$$c = 2r_{AB}^2 = 2r_{CD}^2$$

$$d = 2r_{BD}^2$$

【0 0 6 2】

図 1 2 は、 θ_{CD} を 4 5 度として θ_{AB} を変化させたときの θ_1 と θ_2 の関係を対比して示すグラフである。

【0 0 6 3】

同図に示すように、 θ_{CD} を 4 5 度、 θ_{AB} を 3 0 度としたとき、 θ_1 の増加に略比例して、略一対一の関係で θ_2 が増加することがわかる。即ち、減速機を介して電動モータ 7 6 から入力される回転角度（回転軸 A の回転角度。即ち、 θ_1 ）に対して倍の回転角度（肘関節 3 6 全体の回転角度。即ち、 $\theta_1 + \theta_2$ ）が出力されることとなる。従って、肘関節 3 6 の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、同一入力に対する肘関節 3 6 の駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

【0 0 6 4】

尚、前出の図 8 は、 θ_1 が 3 0 度、 θ_2 が 1 9. 2 度、即ち、 $\theta_1 + \theta_2$ が 4 9. 2 度のときの肘関節 3 6 を示す。また、図 9 は θ_1 が 5 5 度、 θ_2 が 4 4 度、即ち、 $\theta_1 + \theta_2$ が 9 9 度のときの肘関節 3 6 を示す。

【0 0 6 5】

図 8 および図 9 の説明を続けると、第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2 の 2 本の可動リンクを交差して配置していることから、肘関節 3 6 が大きく駆動されても、可動リンク 7 0、7 2 の関節外方への突出量が小さく、よって可動リンク 7 0、7 2 とカバーの物理的な干渉が生じ難くなる。また、肘関節 3 6 が 2 段階にわたって屈曲される（支点となる回転軸が 2 個（回転軸 A と回転軸 C）存在する）ことから、第 1 のカバー 8 4 と第 2 のカバー 8 6 の干渉の可能性も

低減することができる。

【0066】

さらに、第2の可動リンク72がS字状に形成されていることから、肘関節36を駆動した際、第2の可動リンク72が第1の可動リンク70が接続される回転軸Aおよび回転軸Cに干渉することがないため、肘関節36の屈曲方向の可動範囲を一層増大させることができる。

【0067】

また、肘関節36を駆動（回転）すると、第1のカバー84と第2のカバー86が相対変位するため、それらの間に間隙が生じる（間隙の大きさが変化する）が、前記したように、第3のカバー88が第1のカバー84と第2のカバー86の間にスライド自在に介挿されるため、前記間隙を第3のカバー88で被覆することができ、よって肘関節36の防塵性および安全性を向上させることができる。さらに、ロボット1の美観を向上させることができる。

【0068】

次いで、腕部リンク5の特異点について説明する。図13は、肩関節30、32、34から手首関節38までの直線距離（ R とする）と肘関節36の駆動角度 $\theta_1 + \theta_2$ の関係を示すグラフである。尚、同図において、 $\theta_1 + \theta_2$ が0度とは、腕部リンク5が伸張しきった状態（肘関節36を機構上可能な位置まで伸張方向に駆動した状態。図14の上段において、 $R_{1\max}$ と示す）を意味する。

【0069】

図14の上段に示す状態（肘関節36を機構上可能な位置まで伸張方向に駆動した状態）から、肘関節36を屈曲方向に駆動すると、腕部リンク5の各関節（肩関節、肘関節および手首関節）が同一直線上に位置して特異点姿勢をとる。このとき、肩関節30、32、34から手首関節38までの直線距離 R は、最大値となる（図14の中段において、 R_{\max} と示す）。

【0070】

ロボットが特異点姿勢をとるとき、その位置姿勢制御の制御量が発散することから、機構上決定される可動範囲（図14の下段において、 $\theta_{EL\max}$ と示す）のうち、特異点姿勢を通過しない範囲が制御上利用できる回転角度（ θ_{ELc} と示す）

す)となる。換言すれば、 $\theta_1 + \theta_2$ のうち、0度 ($R = R_{\min}$) から、 R が最大値 R_{\max} となる角度までは、制御上利用することのできない回転角度 (θ_{ELCerr} と示す)となる。

【0071】

この実施の形態にあっては、図13に示すの如く、 $\theta_1 + \theta_2$ がおよそ2.8度のときに R が最大値 R_{\max} となることから、0度から2.8度までが制御上利用できない回転角度となる。この値は、従来の一般的な1軸の関節に比して1/4程度と小さい。これは、上腕リンク42と下腕リンク44を第1の可動リンク70と第2の可動リンク72の2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンク70、72を交差して配置することで、第1のカバー84と第2のカバー86の干渉が生じ難くなり、肘関節36の回転軸線を関節外方にオフセットする必要がなくなったことに起因する。

【0072】

このように、この実施の形態に係るロボット1の関節構造にあっては、上腕リンク42と下腕リンク44を第1の可動リンク70と第2の可動リンク72の2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンク70、72を交差して配置するようにしたので、入力に対する肘関節36全体の駆動角度を大きくすることができ、肘関節36の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、同一入力に対する肘関節36の駆動速度(回転速度)の限界値を上げることができる。

【0073】

また、2本の可動リンク70、72の外方への突出量が小さくなるため、可動リンク70、72とそれらを覆う第3のカバー88の物理的な干渉の可能性を低下できると共に、肘関節36が2個の回転軸A、Cを支点として2段階にわたって屈曲されるため、第1のカバー84と第2のカバー86が干渉し難くなり、よって肘関節36の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができる。さらに、肘関節36の回転軸を関節外方にオフセットする必要がないので、肘関節36の伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0074】

さらに、肘関節 36 を駆動した際、第 2 の可動リンク 72 が第 1 の可動リンク 70 が接続される回転軸 A および回転軸 C に干渉しないように、第 2 の可動リンク 72 を回転軸 A および回転軸 C を回避する湾曲状、より具体的には、S 字状に湾曲させて形成したので、肘関節 36 の可動範囲をより一層増大することができる。

【0075】

また、第 3 のカバー 88 が、第 1 のカバー 84 と第 2 のカバー 86 の間にスライド自在に介挿されることから、肘関節 36 の回転に伴って生じる第 1 のカバー 84 と第 2 のカバー 86 の間隙を第 3 のカバー 88 で被覆することができるため、肘関節 36 を駆動しても関節の内部構造が露出することがなく、よって前述の効果に加え、肘関節 36 の防塵性および安全性を向上させることができる。さらに、ロボット 1 の美観を向上させることができる。

【0076】

また、上記において関節として肘関節 36 を例に挙げて説明したが、この実施の形態に係るロボットの関節構造は、膝関節 16 などにも同様に妥当する。

【0077】

尚、図 12 に示すように、 θ_{AB} を 0 度付近に設定したとき、 θ_1 の増加量に対する θ_2 の増加量は最も大きくなる。従って、 θ_{AB} を 0 度付近に設定する、即ち、上腕リンク 42 の長手方向 ($42z$) と直交する同一直線上 ($42x$) あるいはその近傍に回転軸 A と回転軸 B を設けることにより、肘関節 36 の屈曲方向の可動範囲をより一層増大できると共に、同一入力に対する肘関節 36 の駆動速度を上げることができる。但し、 θ_1 の増加量に対する θ_2 の増加量が大きくなるほど肘関節 36 の駆動トルクは小さくなるので、使用するアクチュエータや目的とする動作（作業）に応じて θ_{AB} を適宜設定すべきであることは言うまでもない。この実施の形態にあっては、可動範囲の増大と駆動速度の向上、さらには駆動トルクの確保を最適にバランスさせるため、 θ_{AB} を 30 度に設定した。

【0078】

一方、この実施の形態においては、前記したように第 2 の可動リンク 72 を S

字状に形成したため、図 1 5 に示す如く、肘関節 3 6 を大きく駆動すると、第 2 の可動リンク 7 2 の S 字状の凸部が第 1 のカバー 8 4 に干渉してしまう（（1）で示す）。この干渉は第 1 のカバー 8 4 の端部を切り欠くことによっても解消することができるが、第 1 のカバー 8 4 の端部を切り欠くと、それによって生じる間隙を被覆するために第 3 のカバー 8 8 の端部を上腕方向に延長させる必要がある。しかしながら、第 3 のカバー 8 8 の端部を上腕方向に延長させると、肘関節 3 6 を大きく駆動したときに上腕に配置された電動モータ 7 6 と干渉してしまう（（2）で示す）。

【0 0 7 9】

第 3 のカバー 8 8 の端部と電動モータ 7 6 の干渉は、電動モータ 7 6 を下方に移動させることによって解消することができるが、電動モータ 7 6 を下方に配置すると、第 1 のカバー 8 4 の下方を凹部状（（3）で示す）に形成できなくなるため、第 3 のカバー 8 8 のスライド量が小さくなり、よって肘関節 3 6 を大きく駆動したときに第 1 のカバー 8 4 と第 3 のカバー 8 8 の間に間隙が生じてしまうという不都合がある（（4）で示す）。尚、図 1 5 は、 $\theta 1$ が 7 5 度、 $\theta 2$ が 7 5 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 1 5 0 度のときの肘関節 3 6 を示す。

【0 0 8 0】

従って、以下に説明するこの発明の第 2 の実施の形態においては、関節の可動範囲を増大しつつ、リンクとカバーの干渉を防止するように構成した。

【0 0 8 1】

以下、この発明の第 2 の実施の形態に係るロボットの関節構造について説明する。

【0 0 8 2】

図 1 6 は、この発明の第 2 の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図 7 と同様な平面図である。

【0 0 8 3】

第 1 の実施の形態と異なる構成に焦点を当てて説明すると、第 2 の実施の形態にあっては、図示の如く、第 2 のリンク 7 2 a をくの字状に湾曲させて形成すると共に、 $\theta A B$ を - 1 5 . 5 度、 $\theta C D$ を 3 0 度に設定した。

【 0 0 8 4 】

図 1 7 から図 1 9 は、図 1 6 に示す肘関節 3 6 を駆動した状態を示す平面図である。尚、図 1 7 は $\theta 1$ が 2 4 度、 $\theta 2$ が 2 5 . 7 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 4 9 . 7 度のときの肘関節 3 6 を示し、図 1 8 は $\theta 1$ が 4 5 度、 $\theta 2$ が 5 5 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 1 0 0 度のときの肘関節 3 6 を示す。また、図 1 9 は $\theta 1$ が 6 8 度、 $\theta 2$ が 8 2 . 2 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 1 5 0 . 2 度のときの肘関節 3 6 を示す。

【 0 0 8 5 】

前記したように、 $\theta A B$ を - 1 5 . 5 度とする、即ち、回転軸 B を回転軸 A より下腿リンク 4 4 側に設けることにより、第 2 の可動リンク 7 2 a が回転軸 A と干渉することがないため、第 1 の実施の形態のように、第 2 の可動リンク 7 2 a を第 1 のカバー 8 4 側に突出するような形状（回転軸 A を回避するような形状）とする必要がない。このため、図 1 7 から図 1 9 に示す如く、肘関節 3 6 を大きく駆動しても、第 2 の可動リンク 7 2 a と第 1 のカバー 8 4 が干渉することがない。また、第 2 の可動リンク 7 2 a をくの字状に湾曲させて形成したので、肘関節 3 6 を大きく駆動しても第 2 の可動リンク 7 2 a が回転軸 C に干渉することもない。従って、第 1 の実施の形態に比して、肘関節 3 6 の屈曲方向の可動範囲を一層大きくすることができる。

【 0 0 8 6 】

図 2 0 は、 $\theta A B$ を - 1 5 . 5 度として $\theta C D$ を変化させたときの $\theta 1$ と $\theta 2$ の関係を対比して示すグラフである。同図に示すように、 $\theta A B$ を - 1 5 . 5 度、 $\theta C D$ を 3 0 度としたとき、 $\theta 1$ の増加に略比例して、一対一以上の割合で $\theta 2$ が増加することがわかる。即ち、減速機を介して電動モータ 7 6 から入力される回転角度（回転軸 A の回転角度。即ち、 $\theta 1$ ）に対して倍以上の回転角度（肘関節 3 6 全体の回転角度。即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ ）が出力されることとなる。よって第 1 の実施の形態以上に肘関節 3 6 の屈曲方向の可動範囲を増大することができると共に、同一入力に対する肘関節 3 6 の駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

【 0 0 8 7 】

尚、図示の如く、 θ_{CD} を小さく設定するにつれて θ_1 の増加量に対する θ_2 の増加量は大きくなる。従って、 θ_{CD} を0度付近に設定する、即ち、下腕リンク44の長手方向(44z)と直交する同一直線上(44x)あるいはその近傍に回転軸Cと回転軸Dを設けることにより、肘関節36の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができると共に、同一入力に対する肘関節36の駆動速度を上げることができる。但し、 θ_1 の増加量に対する θ_2 の増加量が大きくなるほど肘関節36の駆動トルクは小さくなるので、使用するアクチュエータや目的とする動作(作業)に応じて θ_{CD} を適宜設定すべきであることは前述の通りである。この実施の形態にあっては、可動範囲の増大と駆動速度の向上、さらには駆動トルクの確保を最適にバランスさせるために、 θ_{CD} を30度に設定した。

【0088】

このように、第2の実施の形態に係るロボットの関節構造にあっては、第2のリンク72aをくの字状に湾曲させて形成したので、肘関節36を大きく駆動しても、第2の可動リンク72aが第1のカバー84および回転軸Cに干渉することがなく、よって肘関節36の屈曲方向の可動範囲をより一層増大することができる。

【0089】

また、 θ_{AB} を-15.5度、 θ_{CD} を30度に設定したので、第1の実施の形態以上に肘関節36の屈曲方向の可動範囲を増大することができると共に、同一入力に対する肘関節36の駆動速度(回転速度)の限界値を上げることができる。

【0090】

さらに、図21に示す如く、この実施の形態にあっては $\theta_1 + \theta_2$ がおよそ3.9度のときにRが最大値 R_{max} となることから、0度から3.9度までが制御上利用できない回転角度となる。この値は、従来の一般的な1軸の関節に比して1/3程度と小さい。従って、第1の実施の形態と同様に、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0091】

尚、残余の構成は第1の実施の形態と同じであるので、説明を省略する。

【0092】

次いで、この発明の第3の実施の形態に係るロボットの関節構造について説明する。

【0093】

図22は、この発明の第3の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図16と同様な平面図である。

【0094】

第1および第2の実施の形態と異なる構成に焦点を当てて説明すると、第3の実施の形態にあつては、肘関節36の過回転（駆動）を防止するための機械的な過回転防止機構を設けた。

【0095】

図22に示す如く、第1の可動リンク70上にピン90が設けられ、ピン90は、ストッパ92に穿設された円弧状の孔94に挿入される。尚、ストッパ92は上腕第1プレート42a（図示せず）に固定される。

【0096】

孔94は、第1の可動リンク70が駆動されることによってピン90が描く軌跡と同様な円弧状に形成される。また、孔94の一方の終端94aは、肘関節36を駆動したとき、第1のカバー84と第2のカバー86が干渉しない位置で第1の可動リンク70の回転が終了するように設定されると共に、他方の終端94bは、 $\theta 1 + \theta 2$ が腕部リンク5が特異点姿勢をとる角度とならないように設定される。即ち、第1の実施の形態にあつては $\theta 1 + \theta 2$ が2.8度以下に、第2の実施の形態にあつては $\theta 1 + \theta 2$ が3.9度以下にならないように設定される。

【0097】

これにより、第1の可動リンク70の過回転が防止され、よって肘関節36の過回転が防止されて第1のカバー84と第2のカバー86が干渉して損傷することを防止できると共に、腕部リンク5が特異点姿勢をとることを防止することができる。

【0098】

尚、残余の構成および効果は第 1 および第 2 の実施の形態と同じであるので、説明を省略する。

【0099】

以上のように、第 1 から第 3 の実施の形態に係るロボットの関節構造にあっては、第 1 の主リンク（上腕リンク 4 2）と第 2 の主リンク（下腕リンク 4 4）を第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）を介して連結すると共に、前記第 1 の主リンクに配置されたアクチュエータ（電動モータ 7 6）で前記第 1 の可動リンク 7 0 を駆動して前記第 1 の主リンクと第 2 の主リンクを相対変位させるロボット 1 の関節（肘関節 3 6）構造において、前記第 1 の主リンクに回転軸 A と回転軸 B を設けると共に、前記第 2 の主リンクに回転軸 C と回転軸 D を設け、前記回転軸 A、B、C、D を頂点とする四角形において対角する回転軸をそれぞれ回転軸 A と回転軸 C、回転軸 B と回転軸 D としたとき、前記回転軸 A と回転軸 C を前記第 1 の可動リンク 7 0 を介して接続する一方、前記回転軸 B と回転軸 D を前記第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）で接続して前記第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）を交差させて配置すると共に、前記回転軸 A を前記アクチュエータで駆動し、よって前記第 1 の可動リンク 7 0 を駆動して前記第 1 の主リンクと第 2 の主リンクを相対変位させるように構成した。

【0100】

また、前記回転軸 A と回転軸 B を、前記第 1 の主リンクの長手方向（4 2 z）と直交する同一直線（4 2 x）上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0101】

また、前記回転軸 C と回転軸 D を、前記第 2 の主リンクの長手方向（4 4 z）と直交する同一直線（4 4 x）上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0102】

また、前記第 1 の可動リンク 7 0 および第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）の少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させる（S 字状またはくの字状に形成する）ように構成した。

【0103】

また、前記第 1 の可動リンク 7 0 および第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）の少

なくともいずれかに、前記関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構（ピン 9 0、ストッパ 9 2、孔 9 4）を設けるように構成した。

【 0 1 0 4 】

また、前記関節に、前記第 1 の主リンク、第 1 の可動リンク 7 0、第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）、第 2 の主リンクおよびアクチュエータの外側を覆うカバーを設けると共に、前記カバーは、前記第 1 の主リンクとアクチュエータを覆う第 1 のカバー 8 4 と、前記第 2 の主リンクを覆う第 2 のカバー 8 6 と、前記第 1 のカバー 8 4 と第 2 のカバー 8 6 の間にスライド自在に介挿され、前記第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）を覆うと共に、前記関節の回転に伴って生じる前記第 1 のカバー 8 4 と第 2 のカバー 8 6 の間隙を被覆する第 3 のカバー 8 8 から構成されるように構成した。

【 0 1 0 5 】

尚、上記において、この発明に係るロボットの関節構造を脚式移動ロボット、より具体的にはヒューマノイド型のロボットを例にとって説明したが、この発明は他の形式の移動ロボットおよび産業用ロボットにも妥当する。

【 0 1 0 6 】

また、使用するアクチュエータも電動モータに限られるものではなく、他のアクチュエータであっても良い。

【 0 1 0 7 】

また、 θAB や θCD は上記した具体例に限られるものではなく、目的とするロボットの作業（動作）に応じて適宜な値に設定すべきであることは言うまでもない。

【 0 1 0 8 】

また、第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）のうち、第 2 の可動リンク 7 2（7 2 a）を回転軸 A および回転軸 C に干渉しないように湾曲させたが、第 1 の可動リンク 7 0 を回転軸 B および回転軸 D に干渉しないように湾曲させても良い。尚、湾曲形状も図示の例に止まらないことは言うまでもない。

【 0 1 0 9 】

【発明の効果】

請求項 1 項にあっては、第 1 の主リンク（例えば上腕リンク）と第 2 の主リンク（例えば下腕リンク）を第 1 の可動リンクと第 2 の可動リンクの 2 本の可動リンクを介して接続すると共に、それら 2 本の可動リンクを交差して配置するようにしたので、入力に対する関節（例えば肘関節）全体の駆動角度を大きくすることができ、関節の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

【0 1 1 0】

また、2 本の可動リンクの外方への突出量が小さくなるため、可動リンクとそれらを覆うカバーの物理的な干渉が生じ難くなると共に、関節が 2 個の回転軸を支点として 2 段階にわたって屈曲されることとなって、第 1 の主リンクを覆うカバーと第 2 の主リンクを覆うカバーが干渉し難くなり、よって関節の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができる。さらに、関節の回転軸を関節外方にオフセットする必要がないので、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0 1 1 1】

請求項 2 項にあっては、回転軸 A と回転軸 B を、第 1 の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、関節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

【0 1 1 2】

請求項 3 項にあっては、回転軸 C と回転軸 D を、第 2 の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、請求項 2 項と同様に関節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

【0 1 1 3】

請求項 4 項にあっては、第 1 の可動リンクおよび第 2 の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させるように構成したので、第 1 の可動リンクと第 2 の可動リンクが他方の回転軸と干渉する

ことがなく、よって関節の可動範囲をより一層増大することができる。

【0114】

請求項5項にあっては、第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかに、関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けるように構成したので、特異点に起因する制御の発散や関節の過度な屈曲によってカバーが損傷するのを防止することができる。

【0115】

請求項6項にあっては、関節を覆うカバーを、第1のカバーと、第2のカバーと、前記第1のカバーと第2のカバーの間にスライド自在に介挿されると共に、関節の回転に伴って生じる前記第1のカバーと第2のカバーの間隙を被覆する第3のカバーから構成されるように構成したので、関節の内部構造が露出することがなく、よって前述の効果に加え、関節の防塵性および安全性を向上させることができると共に、ロボットの美観を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の一つの実施の形態に係るロボットの関節構造を脚式移動ロボットを例にとって説明するときのロボットの正面図である。

【図2】

図1に示すロボットの右側面図である。

【図3】

図1に示すロボットをスケルトンで示す説明図である。

【図4】

図3に示す肘関節付近の斜視図である。

【図5】

図4に示す肘関節を上腕第1プレートと下腕第1プレートを取り外して示す斜視図である。

【図6】

図5に示す肘関節の拡大平面図である。

【図7】

図 6 に示す肘関節をカバーも含めて示す平面図である。

【図 8】

図 7 に示す肘関節の駆動状態の平面図である。

【図 9】

図 7 に示す肘関節の駆動状態の、図 8 と同様な平面図である。

【図 1 0】

図 6 に示す肘関節を伸張させた状態の腕部リンクを模式的に示す説明図である

【図 1 1】

図 6 に示す肘関節を屈曲させた状態の腕部リンクを模式的に示す説明図である

【図 1 2】

図 6 に示す肘関節において θ_{CD} を 45 度として θ_{AB} を変化させたときの θ_1 と θ_2 の関係を対比して示すグラフである。

【図 1 3】

図 3 に示すロボットの肩関節から手首関節までの直線距離 R と肘関節の駆動角度 $\theta_1 + \theta_2$ の関係を示すグラフである。

【図 1 4】

図 1 3 に示すロボットの肩関節から手首関節までの直線距離 R の最大値 R_{max} などを説明する説明図である。

【図 1 5】

図 7 に示す肘関節の駆動状態の、図 8 と同様な平面図である。

【図 1 6】

この発明の第 2 の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図 7 と同様な平面図である。

【図 1 7】

図 1 6 に示す肘関節の駆動状態の平面図である。

【図 1 8】

図 1 6 に示す肘関節の駆動状態の、図 1 7 と同様な平面図である。

【図 19】

図 16 に示す肘関節の駆動状態の、図 17 と同様な平面図である。

【図 20】

図 16 に示す肘関節において θ_{AB} を -15.5 度として θ_{CD} を変化させたときの θ_1 と θ_2 の関係を対比して示すグラフである。

【図 21】

第 2 の実施の形態における図 13 と同様なグラフである。

【図 22】

この発明の第 3 の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図 16 と同様な平面図である。

【図 23】

従来のロボットの関節構造を示す説明図である。

【図 24】

多関節ロボットの特異点を示す説明図である。

【図 25】

従来のロボットの関節構造の不具合を示す説明図である。

【符号の説明】

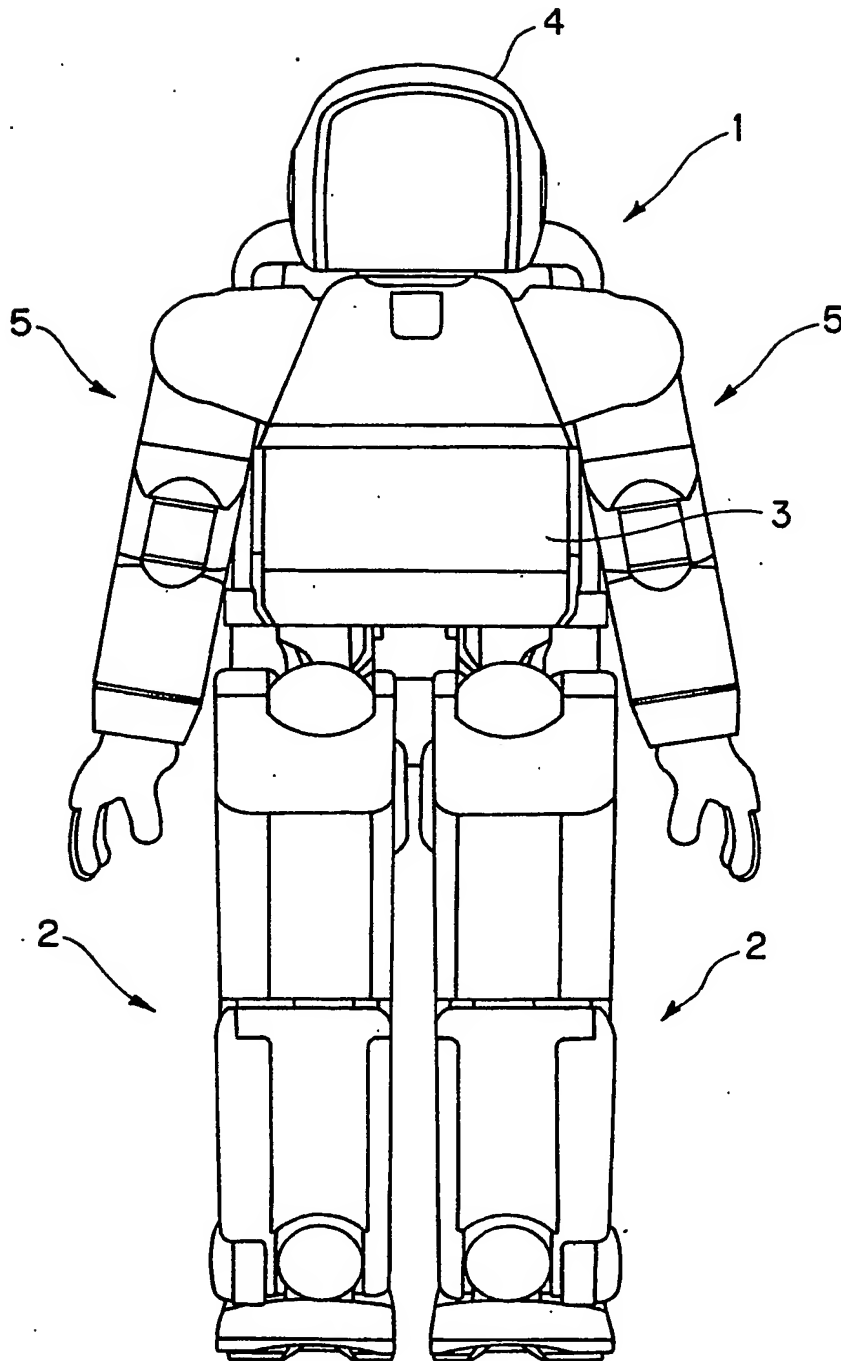
1	ロボット
5 R, L	腕部リンク
36 R, L	肘関節（関節）
42 R, L	上腕リンク（第 1 の主リンク）
44 R, L	下腕リンク（第 2 の主リンク）
70	第 1 の可動リンク
72	（第 1 の実施の形態に係る）第 2 の可動リンク
72 a	（第 2 の実施の形態に係る）第 2 の可動リンク
76	電動モータ（アクチュエータ）
84	第 1 のカバー
86	第 2 のカバー
88	第 3 のカバー

- 9 0 ピン（過回転防止機構）
- 9 2 ストッパ（過回転防止機構）
- 9 4 孔（過回転防止機構）
- A 回転軸 A
- B 回転軸 B
- C 回転軸 C
- D 回転軸 D

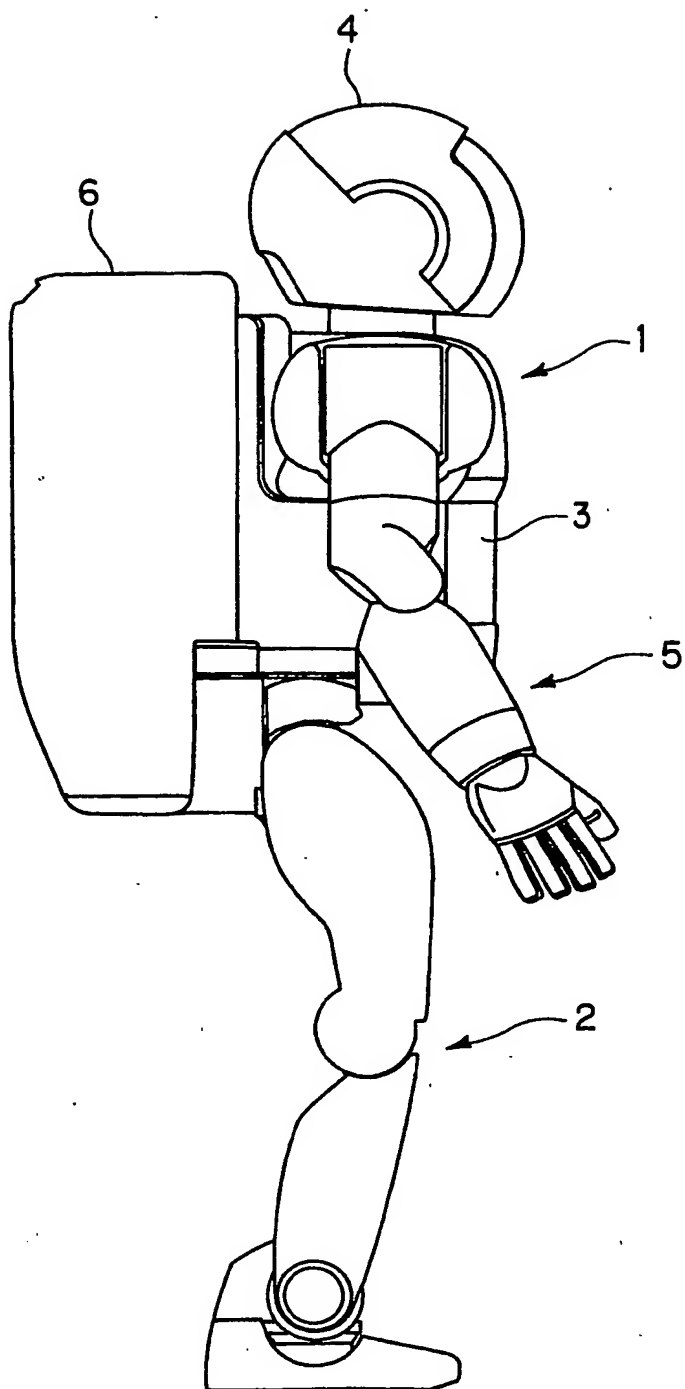
【書類名】

図面

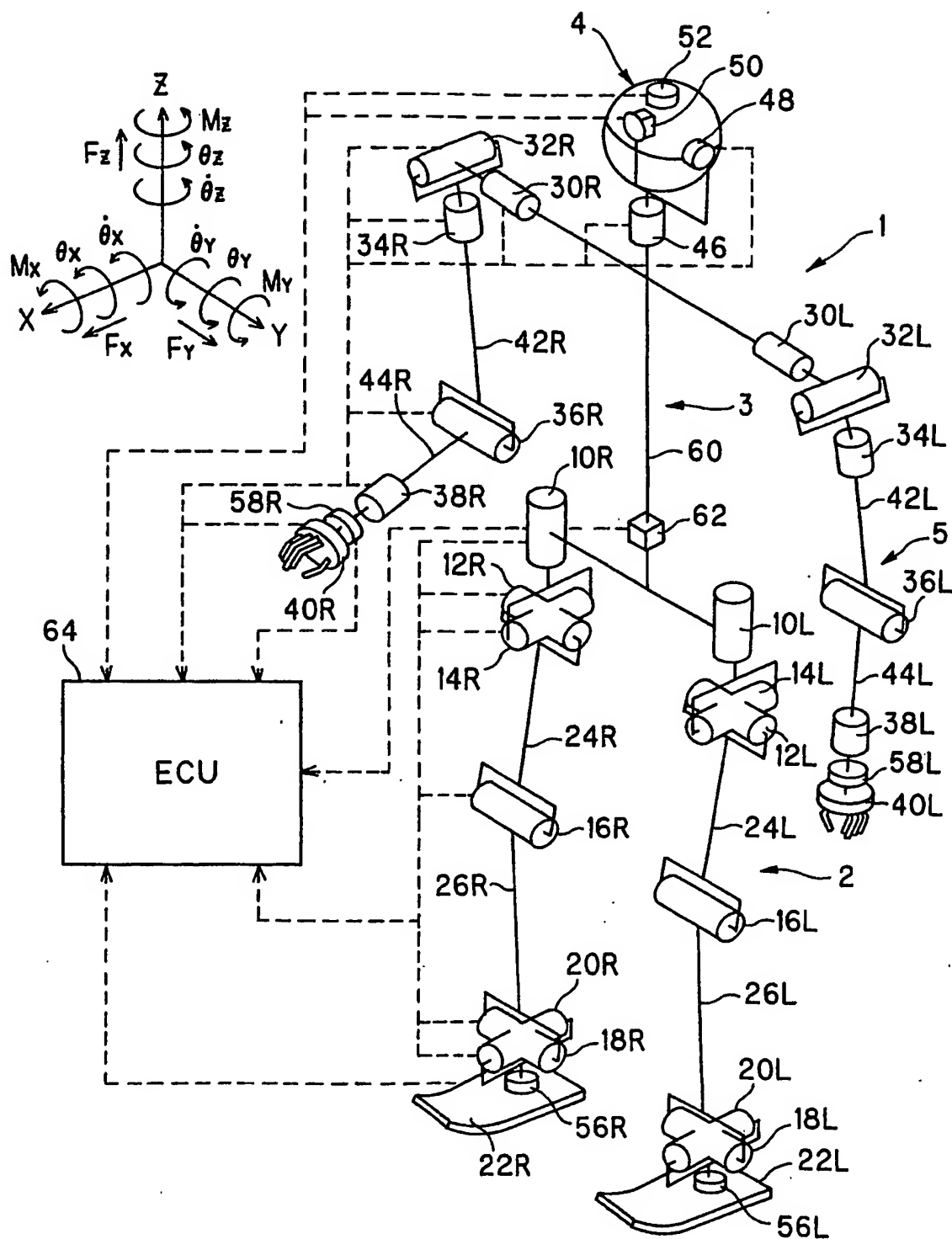
【図 1】



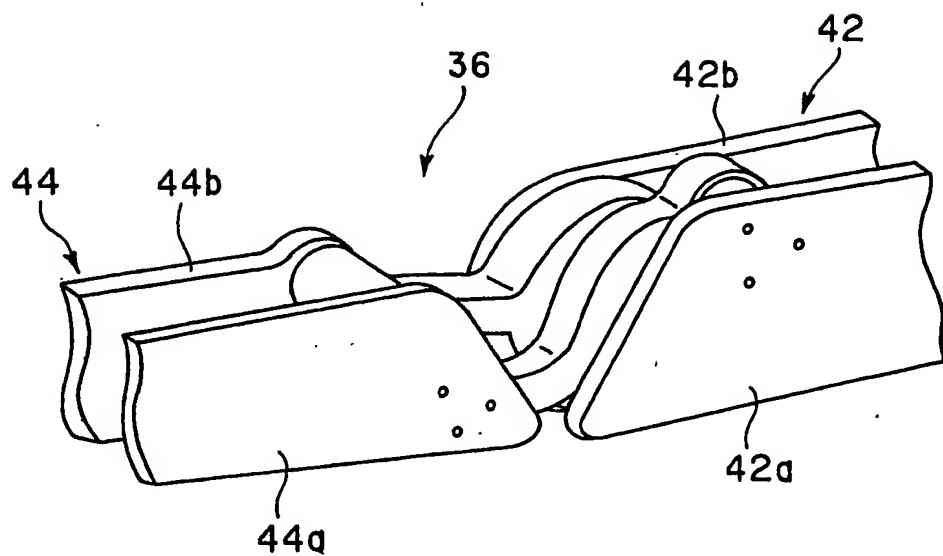
【図 2】



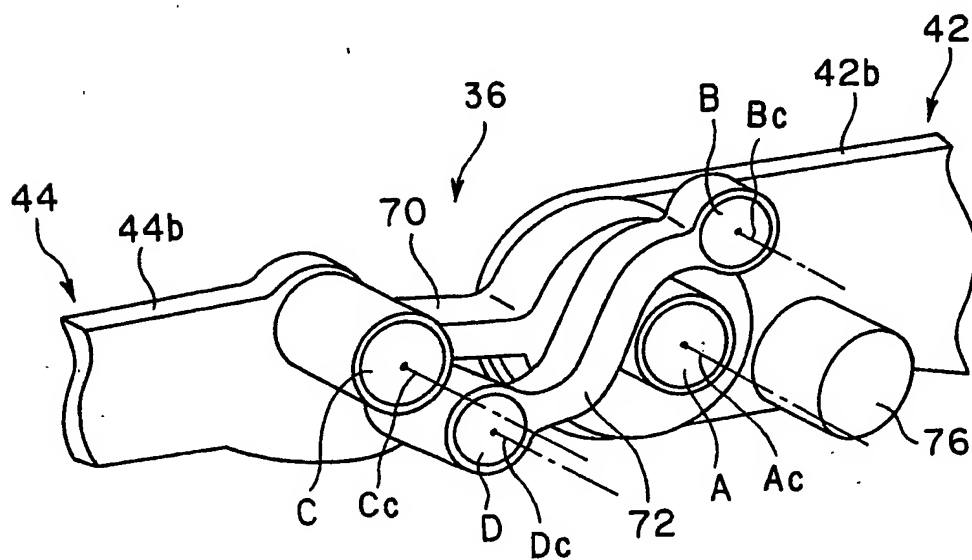
【図 3】



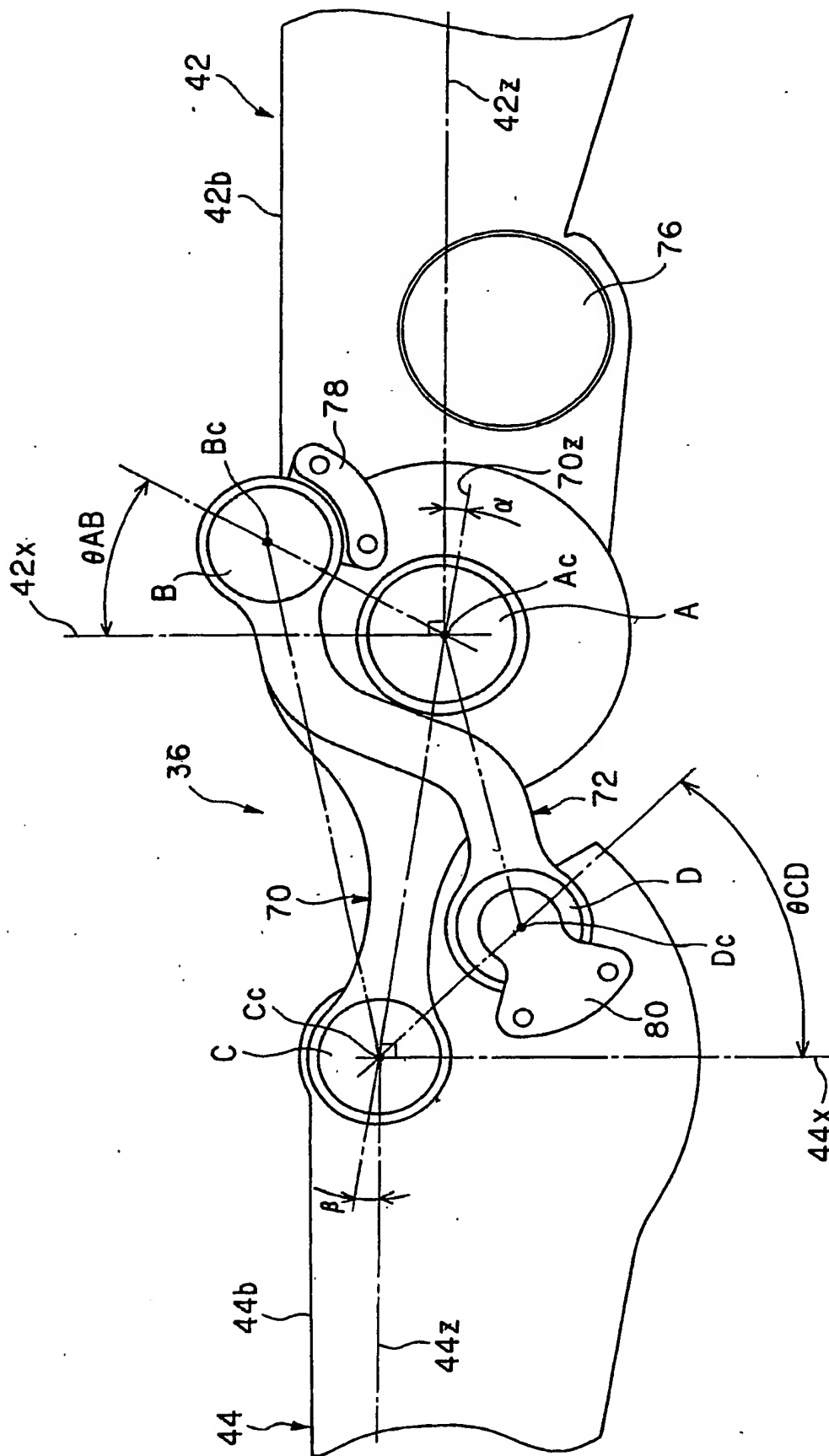
【図 4】



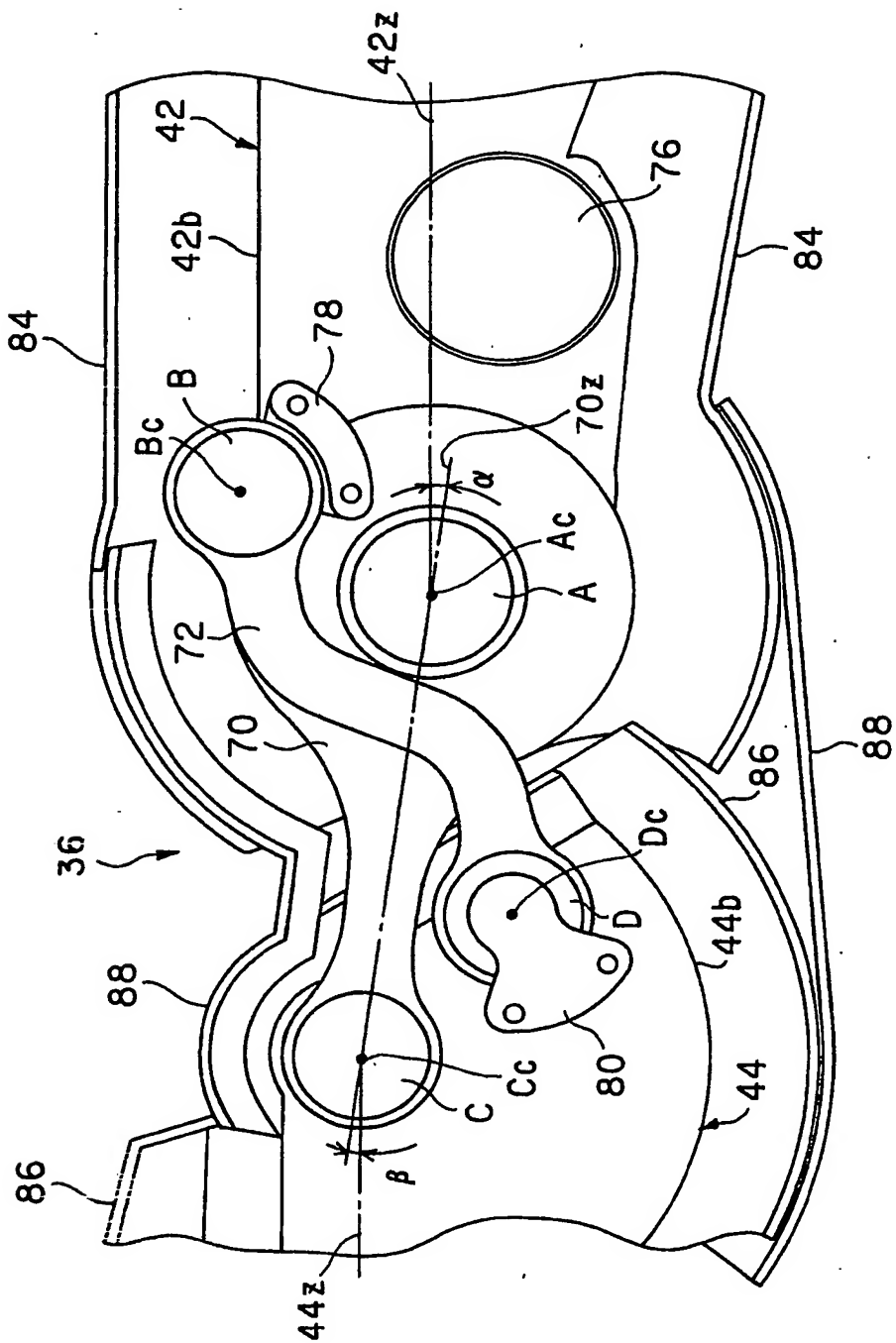
【図 5】



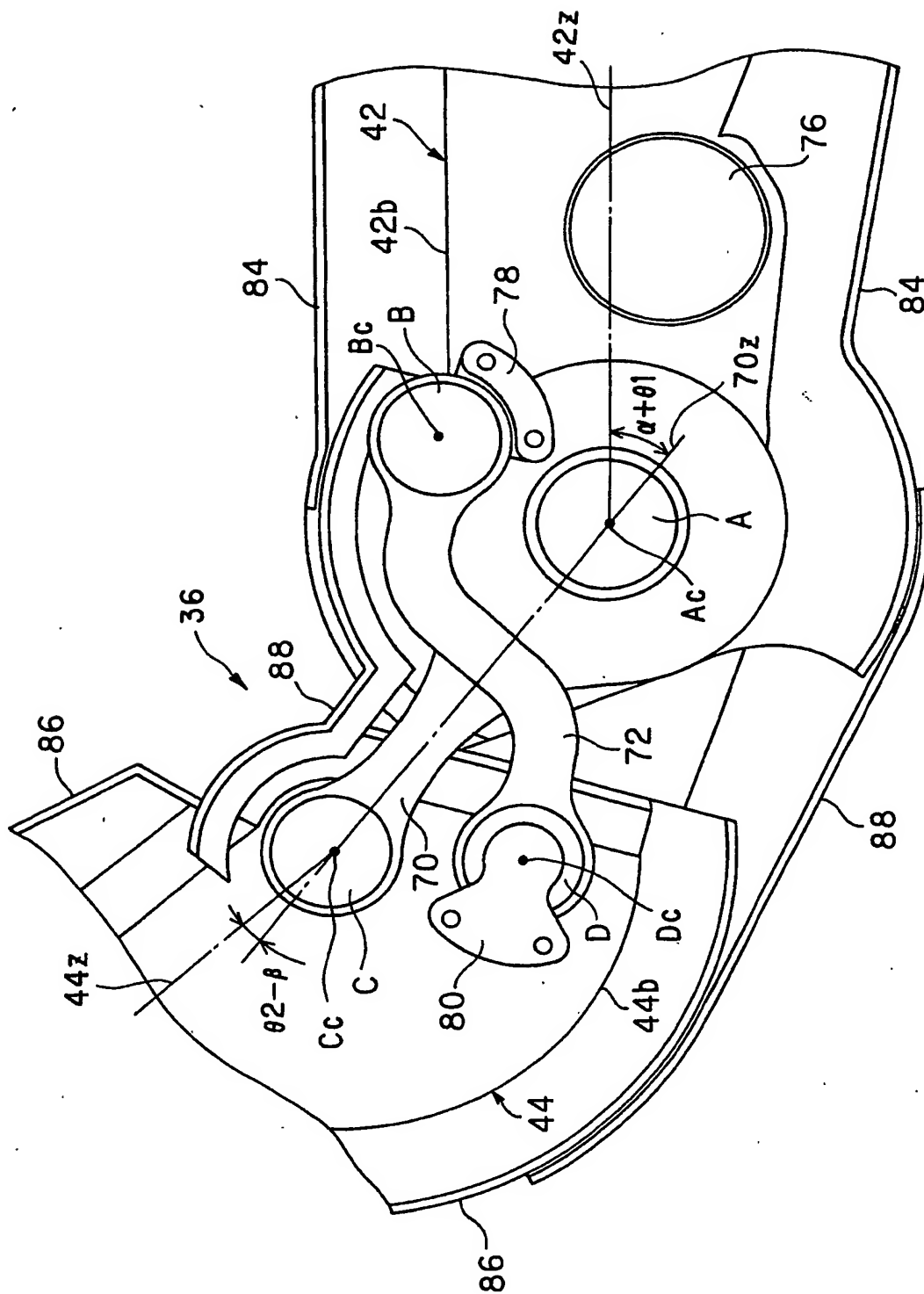
【図 6】



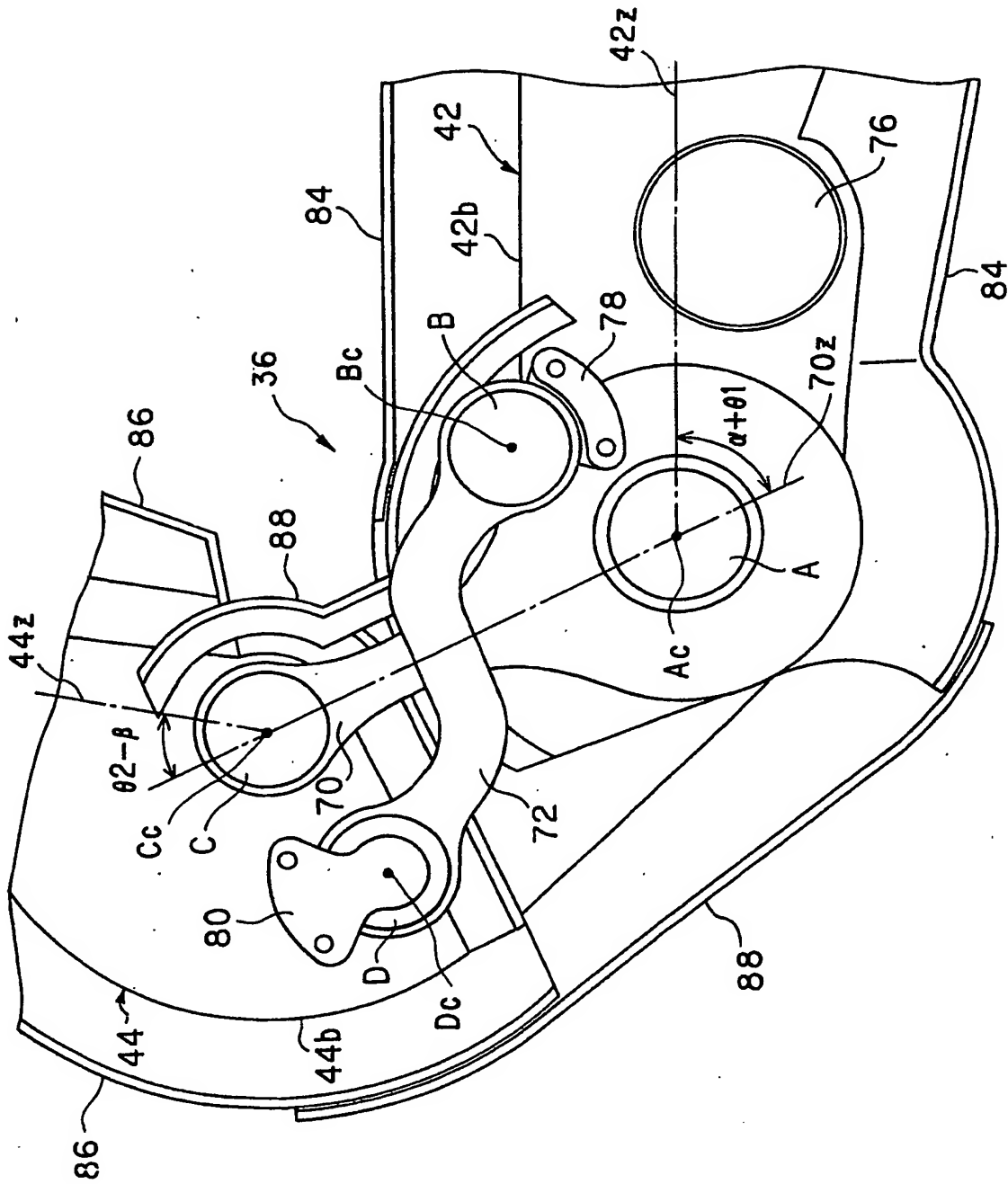
【図 7】



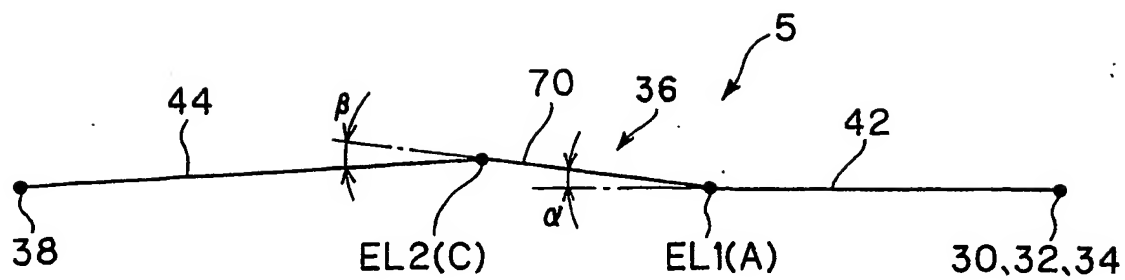
【図 8】



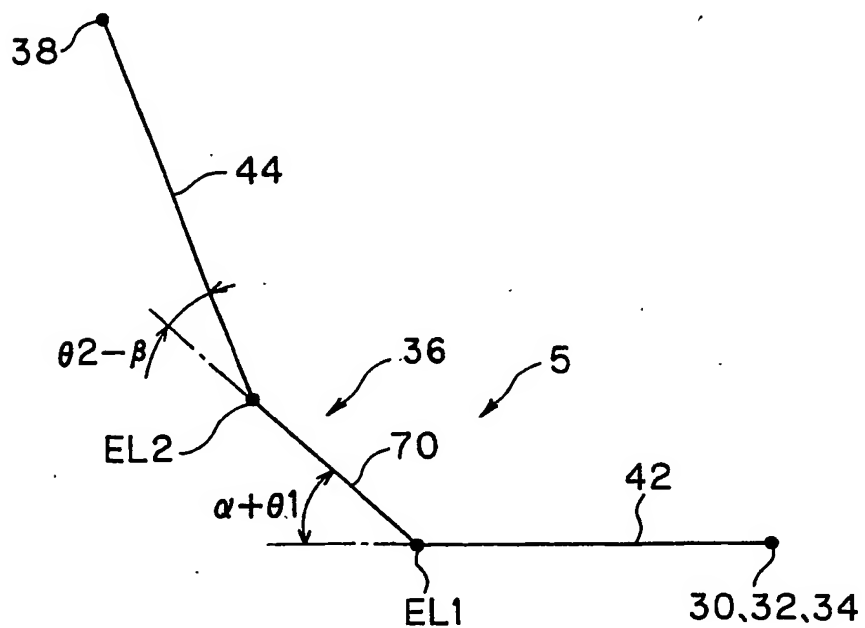
【図9】



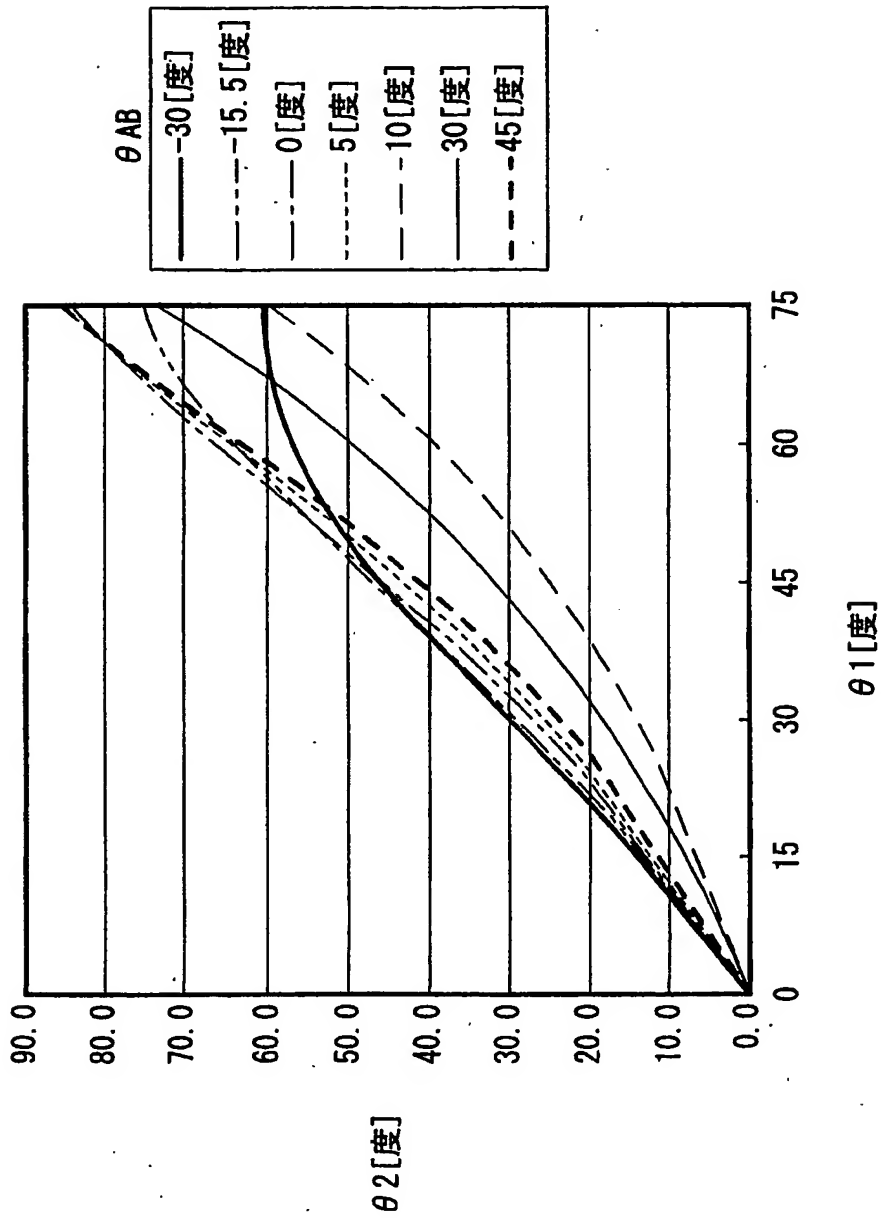
【図10】



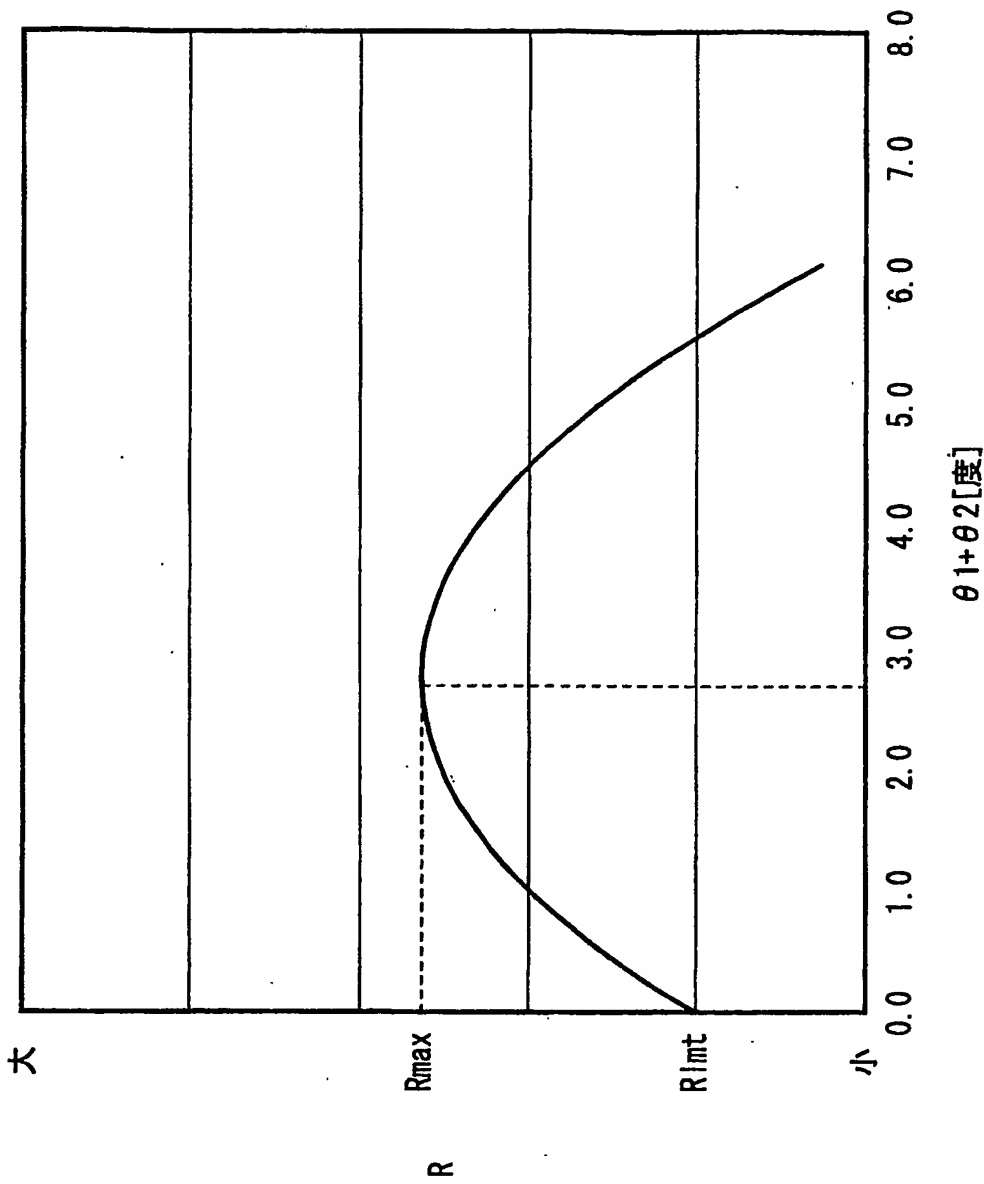
【図11】



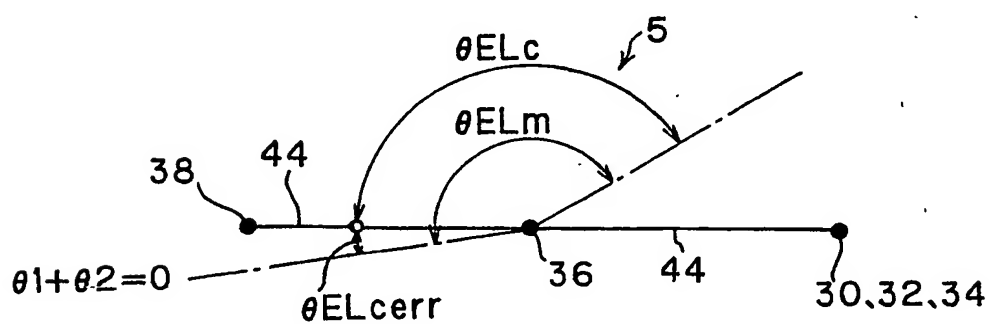
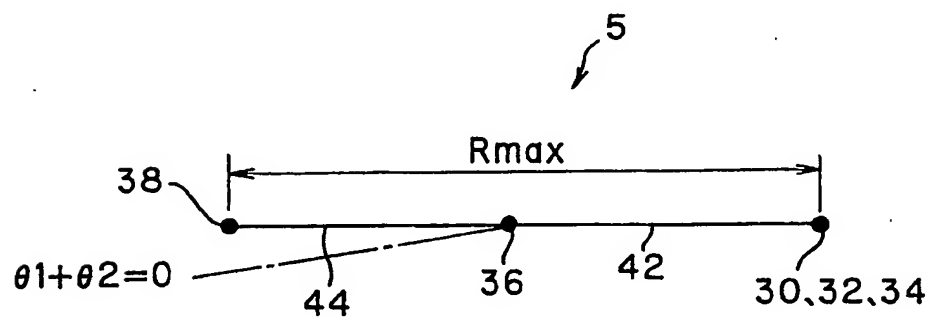
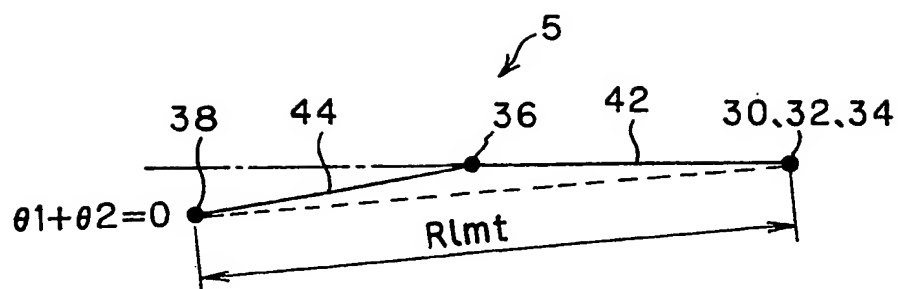
【図 12】



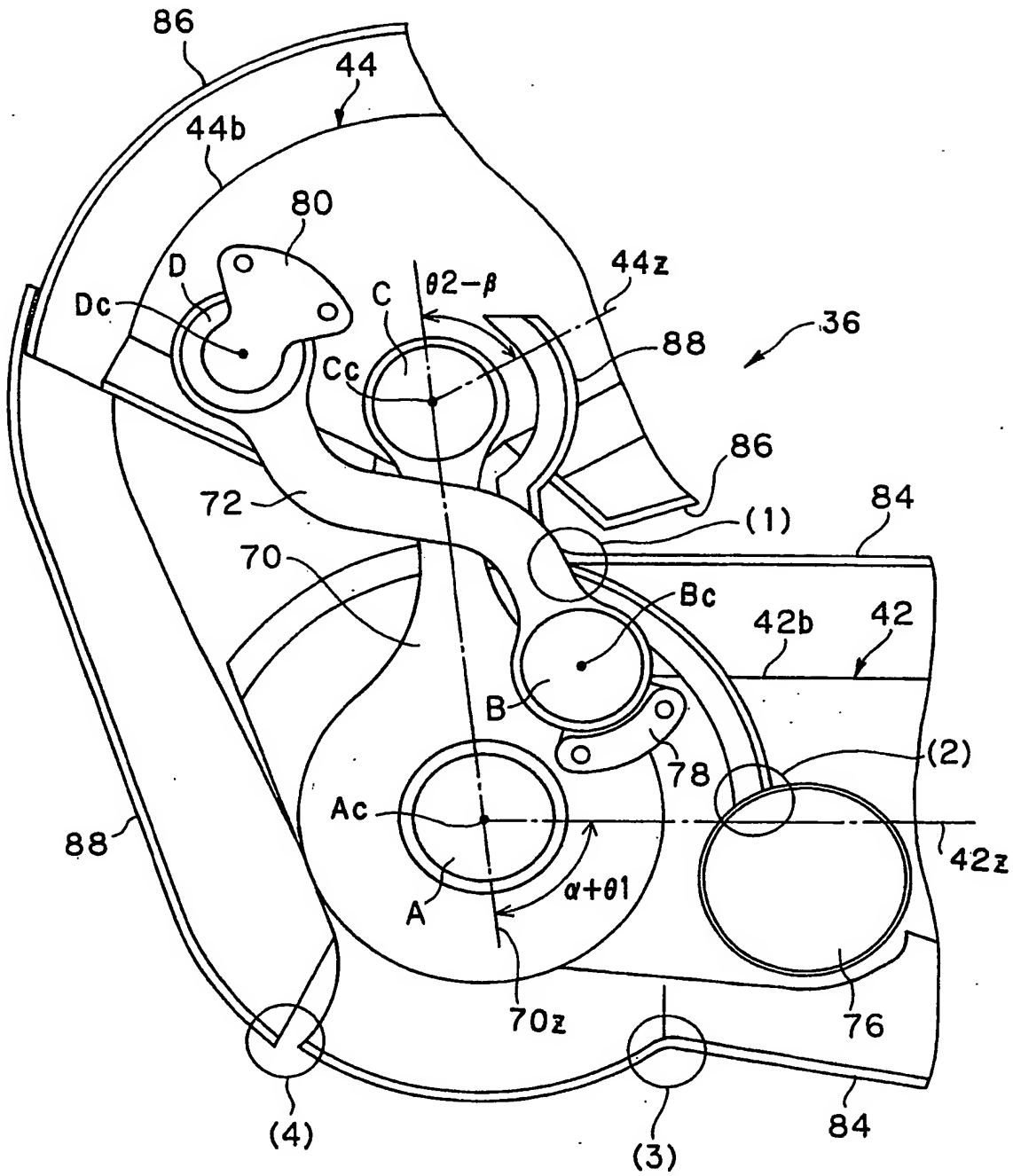
【図 13】



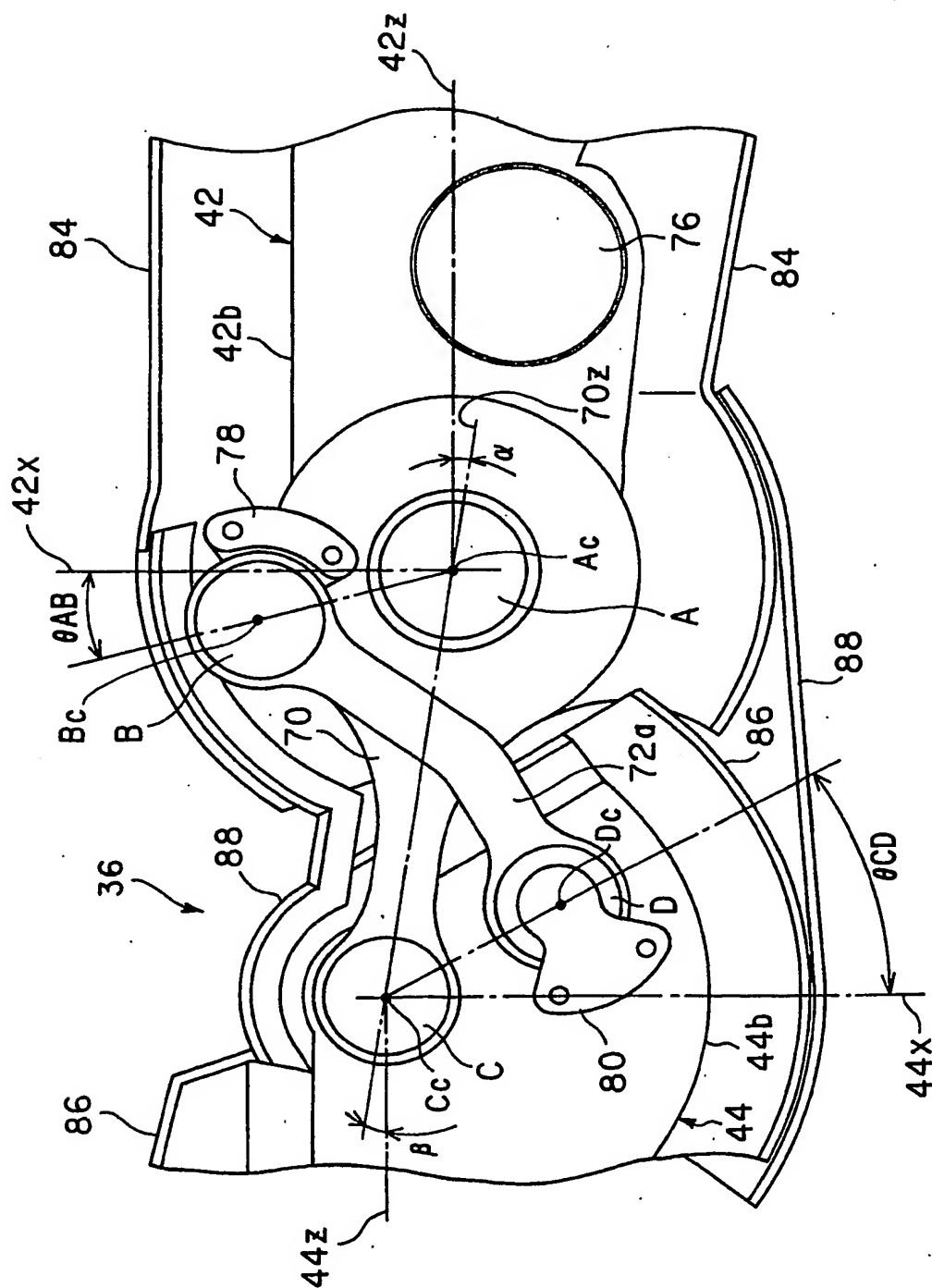
【図 14】



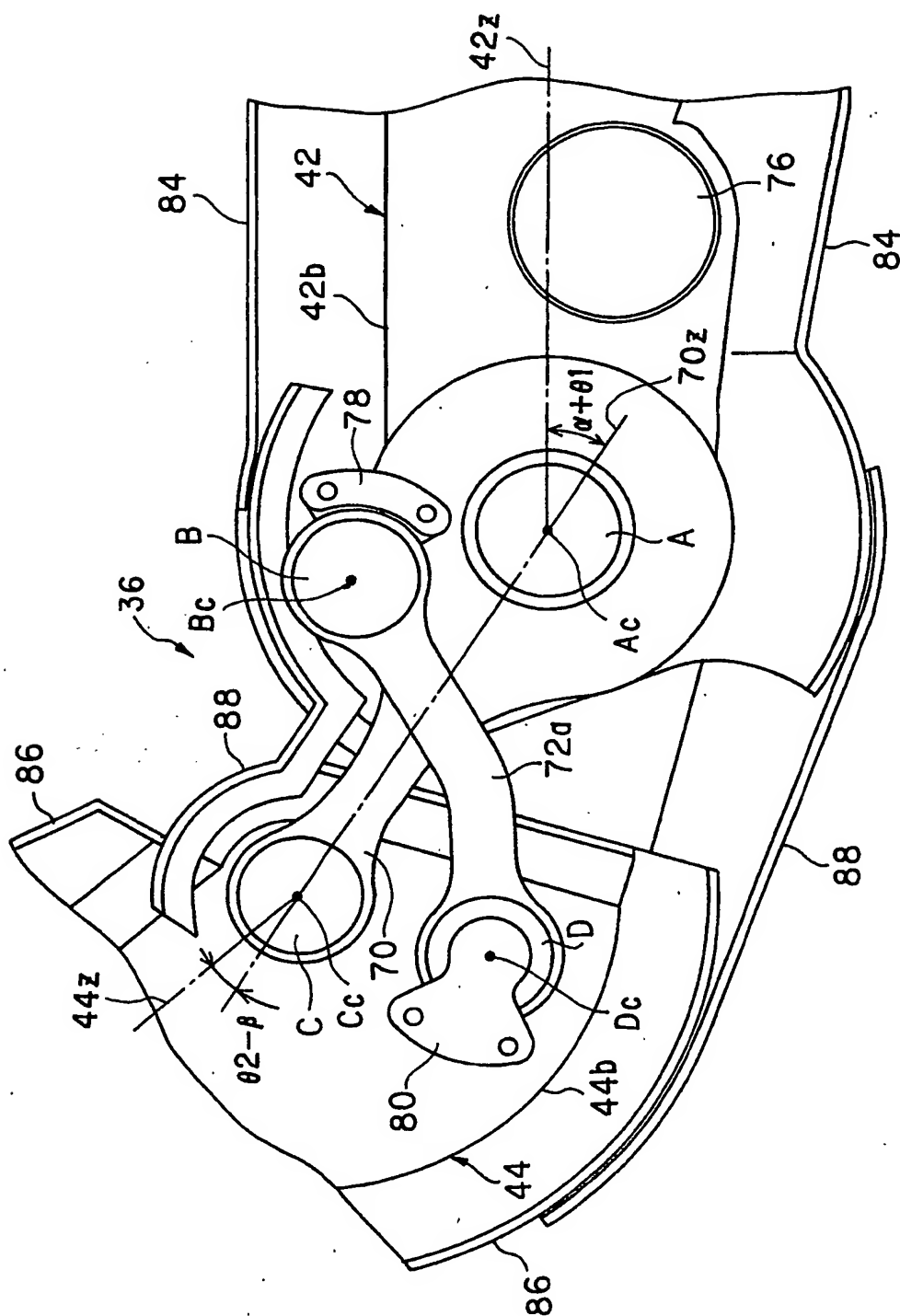
【図15】



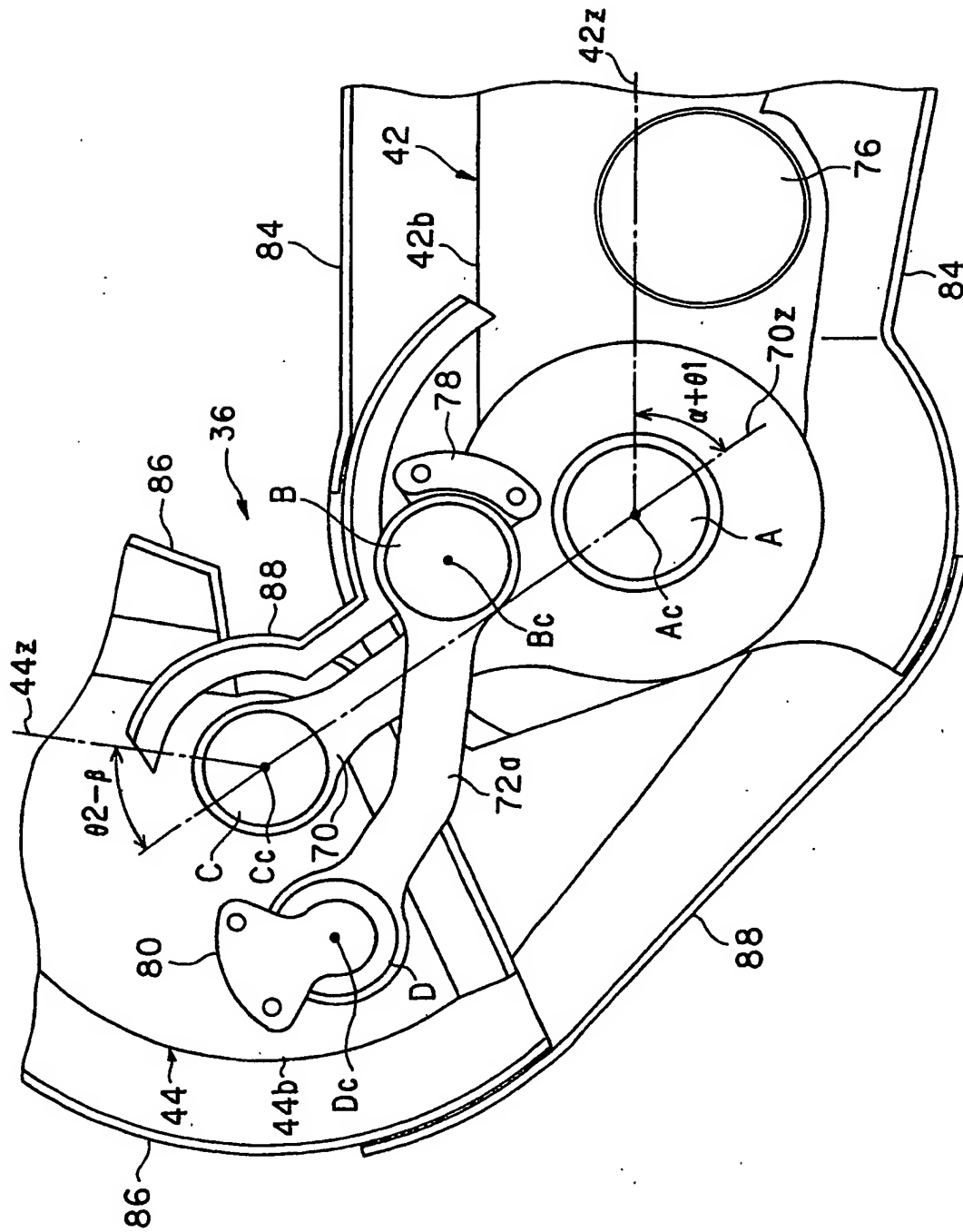
【图 16】



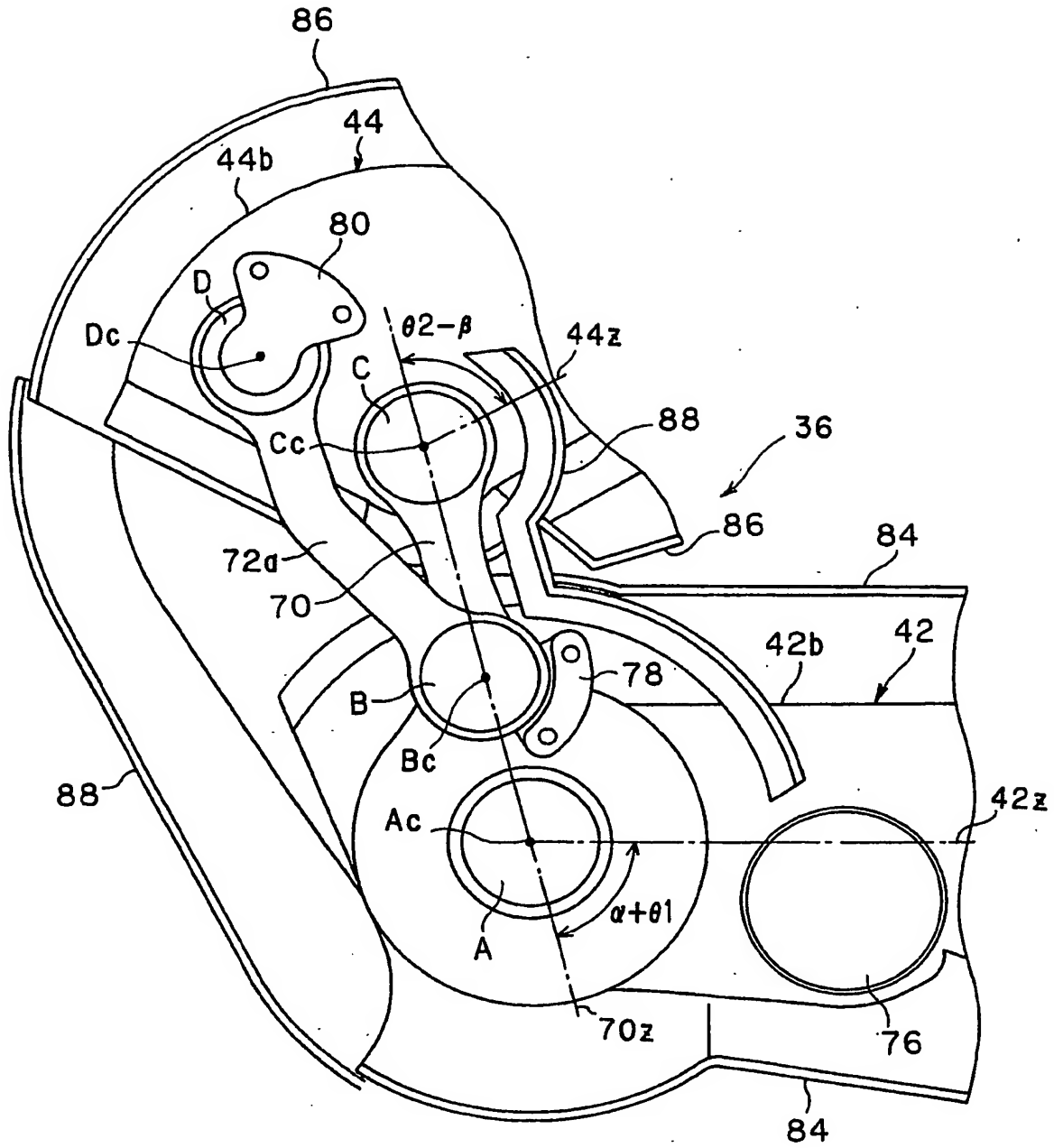
【图 17】



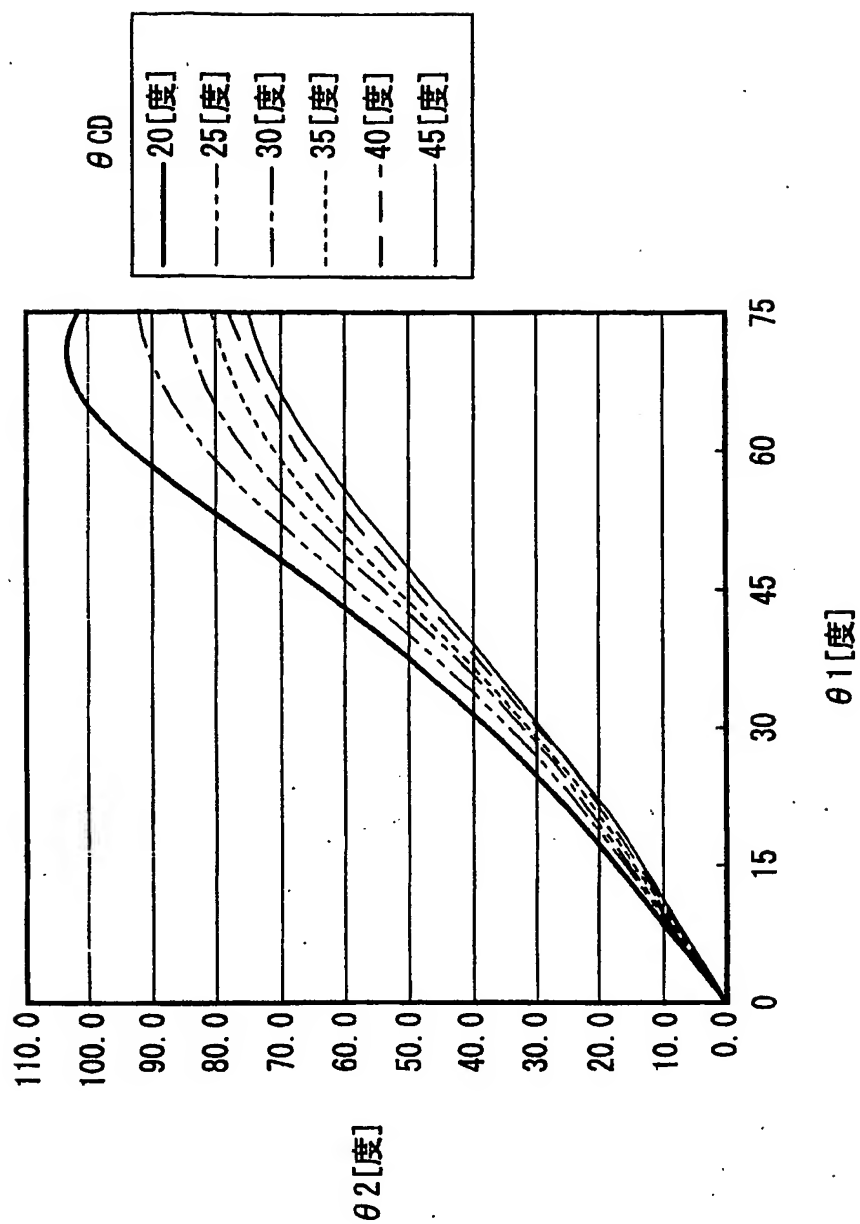
【図18】



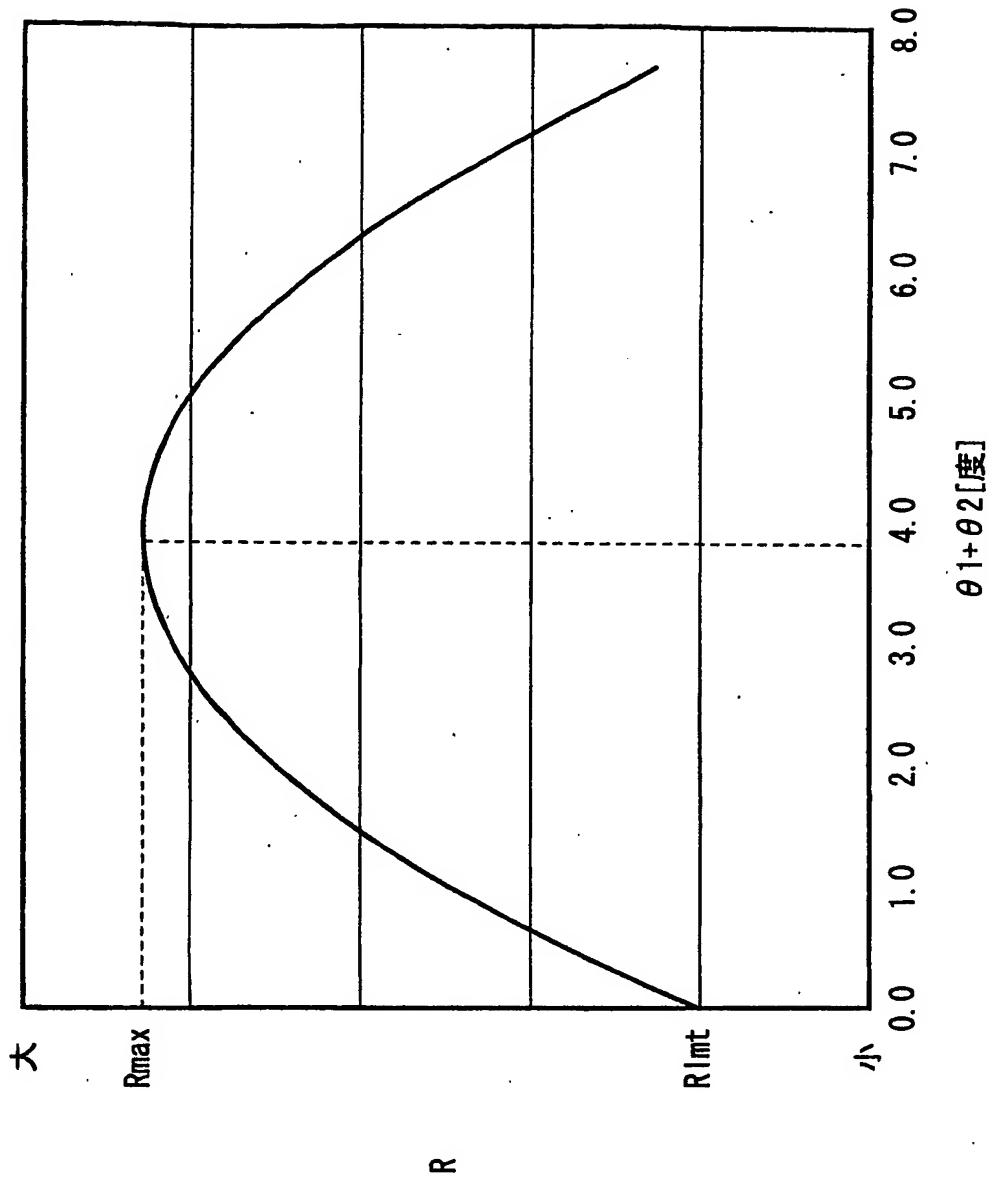
【図19】



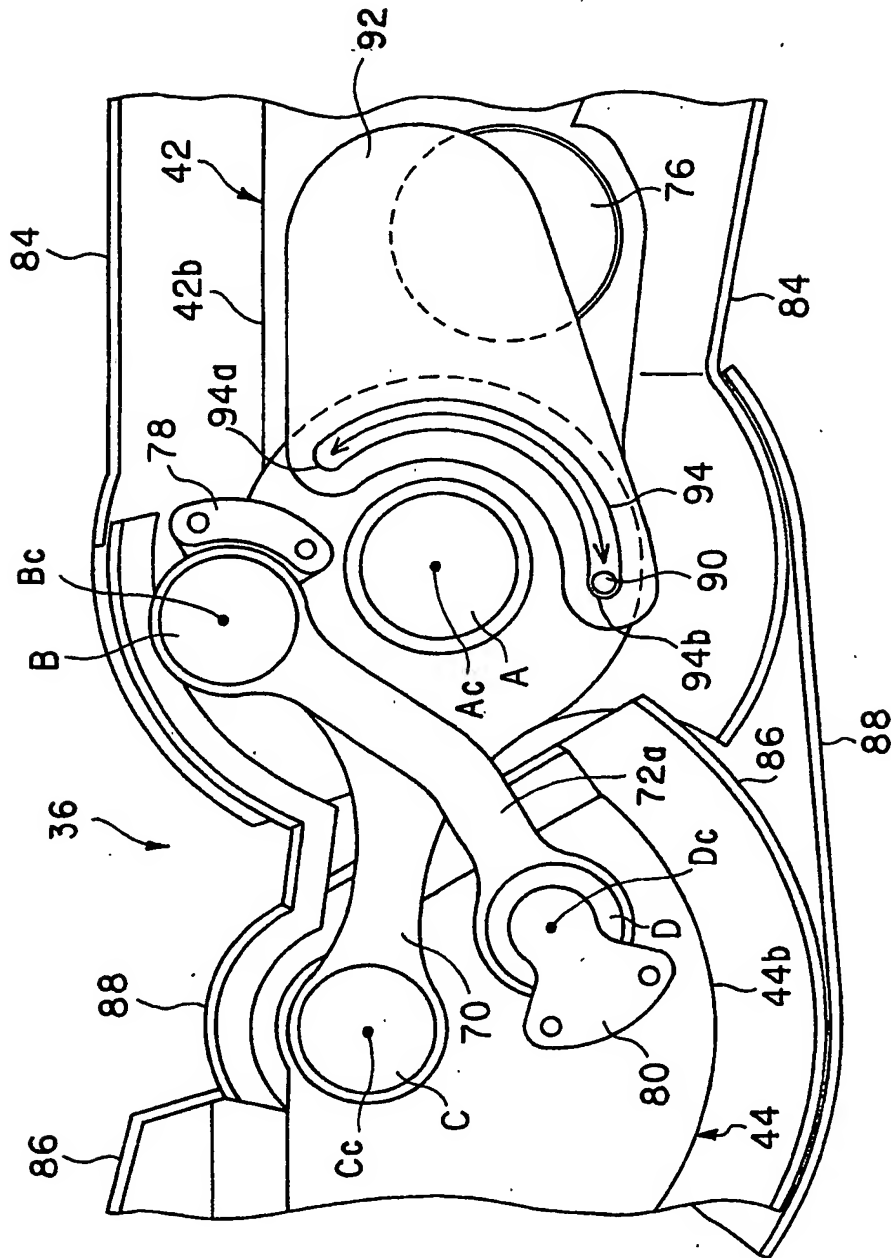
【図 20】



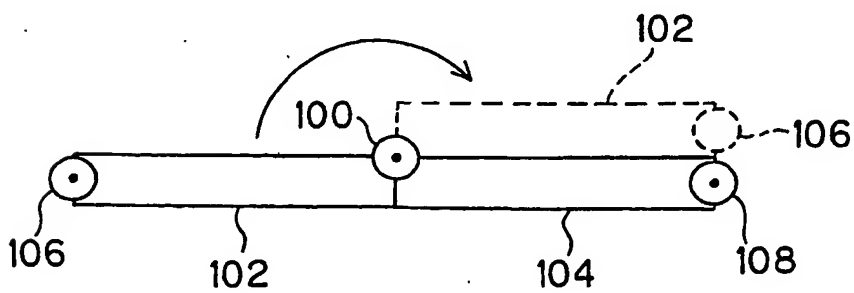
【図21】



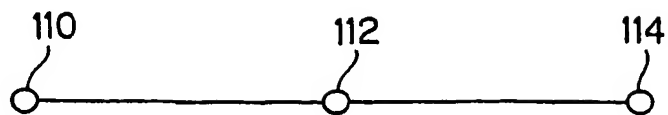
【図 22】



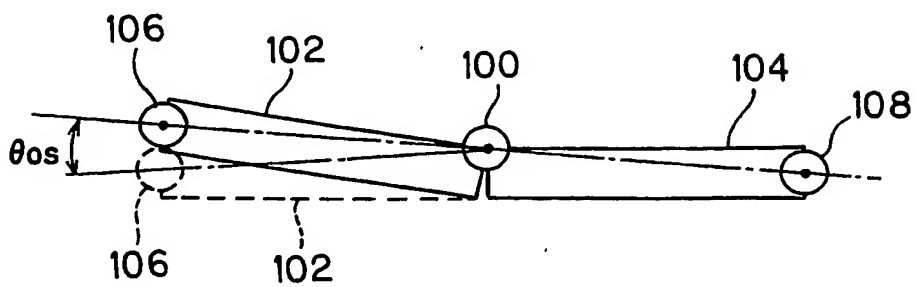
【図 23】



【図 2 4】



【図 2 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 リンクやそれを覆うカバーの物理的な干渉を生じることなく関節の屈曲方向の可動範囲（回転角）を増大すると共に、特異点に起因する伸展方向の可動範囲の減少を抑制し、さらには回転速度（駆動速度）の限界値を上げるようにしたロボットの関節構造を提供する。

【解決手段】 上腕リンク 4 2 と下腕リンク 4 4 を第 1 の可動リンク 7 0 と第 2 の可動リンク 7 2 の 2 本の可動リンクを介して接続すると共に、それら 2 本の可動リンク 7 0, 7 2 を交差して配置する。また、肘関節 3 6 を駆動した際、第 2 の可動リンク 7 2 が第 1 の可動リンク 7 0 が接続される回転軸 A および回転軸 C に干渉しないように、第 2 の可動リンク 7 2 を回転軸 A および回転軸 C を回避する S 字状に形成する。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区南青山二丁目1番1号

氏 名 本田技研工業株式会社